

***INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL GENERAL***

2006/2007



TII

DOCUMENTO DE TRABALHO

O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A FREQUÊNCIA DO CURSO NO IESM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOUTRINA OFICIAL DA FORÇA AÉREA PORTUGUESA.

**IMPACTO PROVOCADO PELO VOO EM AVIÕES DE ALTA
PERFORMANCE NO ORGANISMO HUMANO**

***LOPES DA SILVA
COR/PILAV***



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

**IMPACTO PROVOCADO PELO VOO EM AVIÕES DE ALTA
PERFORMANCE NO ORGANISMO HUMANO**

João José Carvalho Lopes da Silva
Cor/Pilav

Trabalho de Investigação Individual do CPOG 2006/2007

Lisboa, 22 de Março de 2007



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

**IMPACTO PROVOCADO PELO VOO EM AVIÕES DE
ALTA PERFORMANCE NO ORGANISMO HUMANO**

**João José Carvalho Lopes da Silva
Cor/Pilav**

Trabalho de Investigação Individual do CPOG 2006/2007

Orientador: COR ENGAED Hélder Duarte de Barros e Brito

Lisboa, 22 de Março de 2007

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. ACELERAÇÕES E FACTORES DE CARGA	3
2.1 Conceitos básicos e princípios físicos	4
2.2 Tipos de aceleração	4
2.3 Forças G	5
2.3.1 Tipos	5
2.3.2 Forças G negativas (-Gz)	5
2.3.3 Forças G positivas (+Gz)	6
2.3.4 Factores que influenciam os efeitos das forças G	6
2.3.5 Efeitos fisiológicos e sintomas associados à exposição a forças G	6
2.4 Sistemas de protecção contra as forças G	8
2.5 Manobra Anti-G	9
2.6 Situação na Força Aérea Portuguesa	10
3. DESORIENTAÇÃO ESPACIAL	11
3.1 Tipos de desorientação	11
3.2 Sistemas Sensoriais	12
3.2.1 Sistema Visual	12
3.2.2 Sistema Vestibular	13
3.2.2.1 Ilusões somatogirais	13
3.2.2.2 Ilusões somatogravídicas	13
3.2.3 Sistema Proprioceptivo	14
3.3 Factores que influenciam a desorientação espacial	14
3.4 Como combater a desorientação espacial	15
3.5 Situação na Força Aérea Portuguesa	15
4. VARIAÇÃO DA PRESSÃO E SEUS EFEITOS NO ORGANISMO HUMANO	17
4.1 O Ouvido (barotites)	18
4.2 Seios perinasais (barosinusite)	20
4.3 Dentes	20
4.4 Expansão dos gases nas vias gastrointestinais	21
4.5 Hipóxia	21
4.5.1 Hipóxia hipóxica ou de altitude	22
4.5.2 Hipóxia hipémica	22
4.5.3 Hipóxia estagnada	23
4.5.4 Hipóxia histotóxica	23
4.5.5 Efeitos da hipóxia	23
4.5.6 Tempo de consciência útil	24
4.5.7. Factores que influenciam a hipóxia	24
4.6 Hiperventilação e seus efeitos	25
4.7 Prevenção da hipoxia e hiperventilação	26
4.8 Tratamento da hipoxia e hiperventilação	26
4.9 Situação na Força Aérea Portuguesa	27
5. STRESS AUTO IMPOSTO	28
5.1 Auto medicação	29
5.2 Tipos de medicamentos mais comuns em auto medicação	29
5.2.1 Descongestionantes	29
5.2.2 Anti histaminicos	30
5.2.3 Vasoconstritores	30

5.2.4 Analgésicos	30
5.2.5 Medicamentos para emagrecer	30
5.3 Consumo de álcool	31
5.4 Tabagismo	32
5.5 Nutrição e hipoglicémia	32
5.6 Desidratação	33
5.7 Fadiga	34
5.8 Ritmo Circadiano	34
5.9 Como combater a fadiga e o stress	35
5.10 Situação na Força Aérea Portuguesa	36
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	37
BIBLIOGRAFIA	

Apêndices

A : Glossário de Conceitos

B : Factores que influenciam os efeitos das forças G

C : Sistema Vestibular

D : Medicamentos – Tipos de Efeitos

E : Força Aérea Portuguesa – Recomendações

Anexos

A : Programa de Treino Físico para Pessoal Navegante, FAP

B : NEP COFA “Períodos de Descanso do Pessoal Navegante”

RESUMO



F117

As actuais aeronaves de combate e de treino, pelas suas elevadas performances, provocam efeitos adversos no organismo humano. Os pilotos operam num ambiente consideravelmente agressivo e potencialmente perigoso, cujas características podem limitar as suas capacidades e desempenho ao ponto de os levar até à inconsciência. Daqui decorre naturalmente um factor de risco muito acrescido que não está presente na operação de outras aeronaves, por exemplo de transporte. São vários os sistemas do organismo humano afectados, indo do cardiovascular ao respiratório, passando pelo vestibular, só para nomear alguns. Na prática pode dizer-se que de uma forma ou de outra, todos os órgãos são afectados, pois o ser humano foi concebido e está adaptado à vida na superfície terrestre, sendo-lhe mais ou menos difícil sobreviver e funcionar, tanto submerso como em altitude, apesar de todas as artificialidades criadas para sua protecção. É pois neste contexto que o presente trabalho se insere, identificando e analisando aqueles aspectos mais agressivos e limitativos decorrentes do voo em aeronaves de alta performance. Paralelamente serão também apontados e discutidos os métodos à disposição dos tripulantes para minimizar estes efeitos perversos. Pretende-se contribuir, por esta via, para uma efectiva diminuição da taxa daqueles acidentes cujas causas são frequentemente apontadas, nos relatórios de investigação de acidentes, como devidas a “factores humanos”, acidentes esses que constituem a esmagadora maioria da totalidade.

ABSTRACT



F16

Due to their increased performance, the modern combat and training aircraft impose highly adverse effects in the human body. The environment where the pilots perform is an aggressive one and potentially dangerous, which characteristics can downgrade their ability and performance to the point where unconsciousness may arise. This of course creates an ever-increasing risk factor that is not normally present in the operation of other aircraft types, namely air transport. Some examples of highly susceptible human body systems are, just to nominate a few, the cardiovascular, the respiratory and the vestibular. For practical purposes and considering that the human being was conceived and is adapted to life at earth surface level, one can say that no matter what degree, all the human body components are affected by flight. Regardless all the artificialities created for human protection, it is rather complicated and demanding to function and survive either under water or high in airspace. Therefore it is in such a context the present study will identify and analyze the aspects, which are more aggressive and incapacitating, that result from high performance aircraft flying. Along the way several methods available to the aircrews, bound to minimize these unwanted effects, will be pointed and discussed. According to flight safety and accident investigation reports, the majority of the mishaps are due to what is commonly called “human factor causes”. Thus the ultimate aim of this study is to contribute to the effective decrease of the number of this kind and most often, fatal accidents.

PALAVRAS CHAVE

Acelerações

Auto medicação

Aviões de alta performance

Desidratação

Desorientação espacial

Efeitos fisiológicos

Factores de carga

Fadiga

Forças G

Hiperventilação

Hipoglicemia

Hipoxia

Manobra anti-G

Nutrição

Pressão atmosférica

Ritmo Circadiano

Sintomas

Sistemas do organismo humano

Stress

Tempo de consciência útil

LISTA DE ABREVIATURAS

CMA	Centro de Medicina Aeronáutica
CO ₂	Símbolo químico do Dióxido de Carbono
COR	Coronel
COFA	Comando Operacional da Força Aérea
CPOG	Curso de Promoção a Oficial General
ENGAED	Engenheiro de Aeródromos
FAP	Força Aérea Portuguesa
G	Força de aceleração da Gravidade = 9,8 m/s ²
GPA	Gabinete de Prevenção de Acidentes
Hg	Símbolo químico do mercúrio
HUD	Head Up Display
IESM	Instituto de Estudos Superiores Militares
IGFA	Inspecção-Geral da Força Aérea
NEP	Norma de Execução Permanente
O ₂	Símbolo químico do Oxigénio
PILAV	Piloto Aviador
STF	Secção de Treino Fisiológico
TCU	Tempo de consciência útil
UB	Unidade Base

1. INTRODUÇÃO

Com os constantes avanços tecnológicos, nas mais variadas áreas da ciência, têm tido lugar também na aeronáutica militar evoluções de grande relevo que se repercutem nas aeronaves de combate pelo aumento dos seus desempenhos e exigências para os seus tripulantes. Já atingimos e mesmo ultrapassámos o ponto em que o homem tinha que observar os limites da máquina. Hoje em dia é esta que está limitada pelas capacidades humanas.

A Força Aérea Portuguesa (FAP), detentora no seu inventário de aeronaves de elevadas capacidades e com possibilidade de vir no futuro a possuir outras aeronaves de tecnologia ainda mais avançada, tem necessidade de **conhecer detalhadamente os problemas** que os seus tripulantes enfrentam na operação destes meios e como se poderá **combatê-los**, reduzindo desta forma as probabilidades de ocorrência de acidentes.

A análise e reflexão será centrada no impacto provocado pelo voo em aviões de alta performance no organismo humano e como mitigar ou anular esses efeitos muitas vezes perversos. O organismo humano é, em si mesmo, uma “máquina” de grande complexidade que foi concebida para funcionar dentro de determinados parâmetros. Hoje em dia os limites desses parâmetros são frequentemente atingidos e por vezes ultrapassados. A aviação de combate é decididamente uma dessas áreas. Por outro lado, todos os estudos já realizados reconhecem que as probabilidades de acidente são incomparavelmente maiores quando se trata de aeronaves de elevadas performances.

O tema proposto, *Impacto provocado pelo voo em aviões de alta performance no organismo humano*, surge assim como um assunto de pleno interesse e actualidade, considerando a aposta da FAP na redução dos seus acidentes de aviação com a consequente perda de vidas humanas, bem este inexoravelmente valioso na Instituição.

O objecto deste estudo será assim o de analisar os efeitos fisiológicos sobre os diversos sistemas do organismo humano, afectados pelo tipo de voo em causa, visando a identificação das suas fragilidades e limitações, por forma a **permitir a implementação de medidas**, sejam elas sobre o **tripulante**, sobre a **aeronave** ou sobre o **meio ambiente**, que conduzam a uma efectiva diminuição dos efeitos adversos, potenciando assim, por esta via, a redução ou anulação da taxa de acidentes.

Como fio condutor da nossa investigação definimos a seguinte questão central:

A actividade em aviões de combate de elevadas performances provoca desgaste rápido e permanente e, por vezes, cria condições de incapacidade temporária nos tripulantes. Quais as áreas de maior afectação e mais limitativas, com impacto directo na prestação humana e como reduzir e prevenir os seus efeitos perversos?

Como questões derivadas resultaram as seguintes:

- As *performances* das aeronaves de combate, cada vez mais elevadas, sujeitam os organismos dos tripulantes a cada vez maiores factores de carga, vulgo G's. Que podemos fazer para reduzir estes efeitos indesejáveis e perigosos?
- Decorrente ainda das elevadíssimas *performances* das aeronaves, a agilidade, a rapidez e a brusquidão na realização das manobras, podem provocar, com muita facilidade, condições de desorientação espacial. Como poderemos enfrentar e reduzir a desorientação espacial?
- Apesar das modernas aeronaves de combate serem todas pressurizadas, as cada vez mais elevadas altitudes de operação colocam diversos problemas relacionados com as diferenças de pressão. Como precaver e minimizar os efeitos adversos da exposição do organismo humano a variações de pressão atmosférica?
- O stress é hoje reconhecido como um factor muito limitativo do desempenho de alguns tripulantes e causa de um número significativo de acidentes. Que poderá ser feito ainda para contrariar estes efeitos altamente nocivos do stress, inibidor de capacidades e faculdades do organismo humano?
- Que medidas estão definidas e ou estabelecidas na FAP no que respeita a tripulantes, operando aviões de elevada *performance*, e quais as acções a empreender para a minimização dos efeitos provocados no organismo humano pela sua operação?

Para tentar responder à questão central levantámos as seguintes hipóteses que iremos tentar validar com a nossa investigação:

- As áreas do organismo humano, mais afectadas pelo voo em aviões de alta *performance*, são o sistema circulatório, respiratório, visual, vestibular e o proprioceptivo.
- Os efeitos da variação de pressão no organismo humano constituem-se num factor limitativo da operação e potencial provocador de acidentes.
- O stress auto imposto constitui-se num factor determinante para o sucesso ou insucesso da missão.
- Na FAP, as medidas, com vista a minimizar o impacto provocado no organismo humano pelo voo em aviões de alta *performance* são adequadas apesar de poderem ser melhoradas.

Na metodologia de investigação seguir-se-á o método científico, recorrendo-se essencialmente ao método dedutivo. A investigação incidirá na análise de documentação existente sobre as variadas matérias e dos resultados de entrevistas nas áreas técnicas da fisiologia de voo, da medicina aeronáutica e da operação deste tipo de aeronaves. Apenas

serão entrevistados os dois actuais Comandantes das Esquadras, equipadas com F-16, não se considerando necessário realizar entrevistas a outros tripulantes, por se entender suficiente a informação recolhida pelo próprio, ao longo dos anos, na operação de aeronaves de elevadas *performances*.

Assim, no segundo capítulo, iremos analisar os efeitos, no organismo humano do tripulante, dos factores da carga, vulgo G's, resultantes das elevadas *performances* das aeronaves de combate e como reduzir os mesmos.

Decorrente ainda das elevadíssimas *performances* das aeronaves, a agilidade, a rapidez e a brusquidão na realização das manobras, pode provocar, com muita facilidade, condições de desorientação espacial que, em certas condições, levam à perda de controlo da aeronave e potencial acidente. Como poderemos enfrentar e reduzir a desorientação espacial, será o objecto do terceiro capítulo.

Apesar das modernas aeronaves de combate serem todas pressurizadas as, cada vez mais elevadas, altitudes de operação e razões de subida ou descida colocam diversos problemas relacionados com as variações de pressão. Aqui também existem situações de limite que podem levar os tripulantes à inconsciência e ao acidente. No capítulo quatro iremos identificar as medidas preventivas e como e minimizar os efeitos adversos da exposição do organismo humano a variações de pressão atmosférica.

No capítulo cinco iremos identificar as variáveis provocadoras ou causadores de stress auto imposto e o que poderá ser feito para contrariar os efeitos altamente nocivos do stress, inibidor das capacidades e faculdades do organismo humano.

Em todos os acima mencionados capítulos será apresentada, em termos gerais, a situação na FAP e quais as medidas e ou acções que poderão ser empreendidas, com vista a minimizar ou anular os efeitos adversos no organismo humano, resultante do voo em aviões de alta *performance*.

Por fim, no último capítulo apresentar-se-ão as conclusões e algumas propostas com vista a minimizar e resolver alguns dos problemas identificados, sempre numa perspectiva de redução das probabilidades de acidente.

Para Apêndices e Anexos remetem-se os assuntos que servem de complemento à pesquisa e análise desenvolvidas.

2. ACELERAÇÕES E FACTORES DE CARGA

No princípio da aviação as máquinas ficavam muito aquém das capacidades humanas. Eram lentas, voavam baixo, tinham pouca autonomia e fracas capacidades de manobra. Com o passar dos anos as coisas alteraram-se significativamente. Têm sido investidas avultadas quantias em investigação e pesquisa e os avanços tecnológicos têm

sido constantes. As aeronaves rapidamente ultrapassaram as capacidades humanas, colocando hoje aos seus tripulantes problemas fisiológicos de vária ordem.

A concepção das aeronaves, as missões cada vez mais exigentes mesmo as de treino, as altitudes de operação, a duração dos voos, as velocidades atingidas, as elevadas acelerações provocam efeitos nos tripulantes que por vezes podem comprometer a sua capacidade de prosseguir o voo em segurança.

Os modernos aviões de combate operam com aplicação de fortes e rápidas acelerações (G's), o que implica que os seus tripulantes estejam aptos física e mentalmente para suportar os seus efeitos. Os sistemas humanos mais afectados pelos G's são, como veremos adiante, o cardiovascular, o pulmonar e o vestibular.

2.1 Conceitos básicos e princípios físicos

Como é do conhecimento geral, **aceleração** é a variação da velocidade por unidade de tempo e é geralmente expressa em metros por segundo quadrado (m/s^2) ou pés por segundo quadrado (ft/s^2). Sempre que se altera a velocidade ou a direcção ou mesmo ambas há aceleração.

A força da Gravidade é o tipo de aceleração que todos melhor conhecemos e com o qual estamos familiarizados, pois ela afecta tudo à superfície da Terra ou perto da superfície. Esta força é normalmente designada por uma constante “g” e tem um valor de $9,8 \text{ m/s}^2$ querendo isto dizer que um corpo em queda livre (e em ausência de atrito) aumentará a sua velocidade $9,8 \text{ m/s}$ em cada segundo que passa.

Tendo agora em conta a lei da inércia que diz que nenhum corpo alterará por si só a sua condição de estático ou de em movimento, a força de inércia que resulta da aceleração linear da Gravidade, ao actuar sobre a massa de um dado corpo, tem a designação de 1G. Esta será pois a forma mais simples de aceleração conhecida. No entanto, ao falarmos de aeronaves em voo, as forças G em presença resultam das forças de inércia impostas pelas acelerações da aeronave, as quais podem ser de vários tipos e actuam em simultâneo.

2.2 Tipos de aceleração

Há três tipos de aceleração: a **linear**, a **angular** e a **radial**. Relembremos sumariamente cada uma delas. A **aceleração linear** consiste numa variação de velocidade, seja aumento ou diminuição, sem que ocorra alteração da direcção. São exemplos mais característicos a aterragem e a descolagem de qualquer avião. **Aceleração radial** consiste na mudança da direcção sem alteração na velocidade e o melhor exemplo é uma volta mantendo a velocidade. **Aceleração angular** consiste na mudança de ambas direcção e velocidade e é aquela mais frequente nas aeronaves de combate com elevadas performance. O exemplo mais elucidativo é a acrobacia aérea.

Estamos agora em condições de melhor entender o mecanismo de funcionamento complexo destas acelerações e que toma assim a designação genérica em aviação de **forças G**. Sempre com a já aludida lei da inércia em mente, quando uma dada aeronave acelera em qualquer direcção, as forças de inércia actuam sobre os corpos dos tripulantes em sentido contrário às forças de aceleração, tentando manter inalterada a condição anterior.

2.3 Forças G

2.3.1 Tipos

Existem três tipos de forças G: transversais, positivas e negativas. As forças G transversais são aquelas que são aplicadas no sentido peito costas e vice-versa, designando-se as primeiras transversais positivas e as segundas transversais negativas. Um exemplo das positivas será a descolagem de um avião e a resistência humana máxima para forças desta natureza poderá ir até aos +15 Gs. Um exemplo em sentido oposto, das negativas será a aplicação de travões aerodinâmicos (*speed brakes*) ou a travagem na aterragem e a tolerância humana máxima para estas poderá ir até aos –8 Gs. Há ainda a possibilidade de aplicar forças da esquerda para a direita e vice-versa que são também transversais positivas e negativas consoante sejam aplicadas da direita para a esquerda ou da esquerda para a direita. Assim para evitar confusões designam-se forças +Gx e –Gx aquelas exercidas entre o peito e as costas e +Gy e –Gy aquelas exercidas entre os dois lados o direito e o esquerdo. Estas forças são normalmente bem toleradas pelo organismo humano contudo em valores mais altos afectarão a mobilidade.

No parágrafo anterior caracterizámos as forças G utilizando as incógnitas “x” e “y” que nos evoca um sistema de eixos pois então fica-nos a faltar um terceiro eixo que será o “z”. Utilizá-lo-emos para definir as forças exercidas no sentido dos pés para a cabeça –Gz (Gs negativos) e da cabeça para os pés +Gz (Gs positivos).

2.3.2 Forças G negativas (-Gz)

Como atrás se disse, são aquelas exercidas no sentido dos pés para a cabeça. Estas forças não são bem toleradas pelo corpo humano e são normalmente evitadas pelos pilotos, raramente sendo induzidas em altos valores durante voos normais.

O exemplo mais característico desta força G é o voo invertido que submete o piloto a –1Gz. O organismo humano dificilmente suportará –3Gz durante cinco segundos.

Os Gs negativos provocam progressivamente com o seu aumento, sensação de perda de peso, aliviando o piloto da cadeira, congestão da face e da cabeça, visão turva avermelhada, visão vermelha e até inconsciência. Uma explicação sumária das razões para esta sintomatologia tem a ver com o aumento do fluxo de sangue para a retina e posterior rotura, primeiro de alguns capilares na zona branca do olho, depois inclusive vasos maiores

e não só nos olhos. Podem surgir hemorragias e inconsciência quando sujeitos a valores elevados de Gs negativos.

Infelizmente não existem quaisquer métodos para contrariar estes efeitos nocivos dos Gs negativos, nem com equipamentos especiais nem sequer com treino físico. A única solução que resta ao piloto será descontinuar a manobra que os estaria a provocar e regressar à condição inicial de 1Gz.

2.3.3 Forças G positivas (+Gz)

Estas forças são as mais frequentemente sentidas pelos tripulantes, exercem-se no sentido da cabeça para os pés e estão presentes na esmagadora maioria das manobras dos aviões de combate actuais. Por esta razão é fundamental conhecer bem os seus efeitos no organismo humano, os sintomas que provocam e os métodos preventivos existentes que reduzam o seu impacto bem como as formas de aumentar os seus níveis individuais de tolerância.

A sintomatologia associada a estas forças G é progressivamente a sensação de pernas e pés muito pesados com o afluxo redobrado de sangue a essas zonas entre os +1 e +3G. Continuando a aumentar a força mais sangue desce e começa a faltar na parte superior do corpo nomeadamente na cabeça, criando dificuldades de visão, tornando-se cinzenta e em túnel entre os +3 e +4G. Se continuarmos a aumentar a força o sangue tem cada vez mais dificuldade em fluir à cabeça impedindo totalmente a visão entre os +4 e +5G. É este o derradeiro momento para parar a aplicação desta força pois segue-se a inconsciência a qualquer instante. Entre os +5 e +6G o sangue deixa de atingir o cérebro e o piloto desmaia.

2.3.4 Factores que influenciam os efeitos das forças G

Os efeitos das forças G variam consoante um conjunto de factores que estão relacionados entre si e que de uma forma combinada actuam sobre os tripulantes, como descrito no Apêndice B. Ao analisá-los percebemos porque certas forças G têm diferentes efeitos no corpo humano e porque, por vezes, é também possível que esses mesmos efeitos variem em diferentes situações. São cinco os factores determinantes: **magnitude, duração da exposição, razão de aplicação, direcção de aplicação e área do corpo exposta.**

2.3.5 Efeitos fisiológicos e sintomas associados à exposição a forças G

A exposição a forças G, como já vimos, afecta o organismo humano e as quatro grandes formas como o faz tem a ver com a **liberdade de movimentos ou mobilidade**, a **resposta do sistema cardiovascular**, a **resposta do sistema vestibular** responsável pelo nosso equilíbrio e a **visão**.

Para ilustrar o problema de perda de **mobilidade** poderemos fazer alguns cálculos simples mas muito elucidativos. Tomemos como referência um piloto médio pesando 75 quilos que, ao ser exposto por exemplo a +4G, passa logo a pesar uns expressivos 300 quilos ($4 \times 75 = 300$). Este aumento de peso limita drasticamente os movimentos que o piloto necessita de fazer dentro da sua cabine, podendo levar à perda do controlo da aeronave ou até mesmo em casos extremos impedir o piloto de actuar os comandos de ejeção.

Atenemos agora um pouco mais pormenorizadamente à resposta do **sistema cardiovascular**, aquele que consideramos mais limitativo de todos. Com o aumento das forças G positivas a pressão sanguínea na cabeça, logo no cérebro e no globo ocular, começa a diminuir pois o sangue tende a acumular-se nas partes mais baixas do corpo. Com cada G positivo a pressão sanguínea a nível da cabeça baixa cerca de 22mmHg o que contas feitas, faria baixar a pressão a zero por volta dos +5G ($5 \times 22 = 110$ mmHg que ronda o valor máximo da pressão arterial). No entanto, o cérebro possui uma reserva de oxigénio que dura sensivelmente 4 a 5 segundos após a paragem de abastecimento de sangue, permitindo manter a consciência por esse período de tempo.

O nosso **sistema vestibular** é também seriamente afectado pelas forças G podendo interferir perigosamente com o equilíbrio e provocar desorientação espacial. Ao sentir desorientação, o piloto deve reverter imediatamente para os instrumentos de voo da aeronave e procurar obter referências visuais que lhe permitam recuperar o equilíbrio e a orientação espacial.

Passemos então agora à questão da **visão**. O nosso globo ocular tem uma pressão interna de cerca de 13 a 18 mmHg o que faz com que, para haver abastecimento sanguíneo à retina e ao interior do olho, o sistema cardiovascular tenha que se conseguir sobrepôr a essa pressão. Assim com o aumento da força G positiva e à medida que o abastecimento sanguíneo vai escasseando ele faltará primeiro, face ao diferencial de pressão, na retina que detecta a luz e só depois no cérebro. Daqui resulta que, para aplicações lentas e progressivas da força G positiva, se comecem a experimentar sintomas visuais que servirão de pré-aviso para uma possível inconsciência. Para aplicações abruptas ou com fortes razões de aplicação, os sintomas visuais que nos dão pré-aviso não se verificam e podemos entrar directamente na inconsciência.

Caracterizemos um pouco esta perda de consciência. Já tínhamos identificado que as células do cérebro têm uma pequeníssima reserva de energia e que esta dura sensivelmente para 4 ou 5 segundos, ora é precisamente esse o tempo de consciência de que dispomos a partir do momento em que o abastecimento de oxigénio a essas células pára. Gasta esta exígua reserva o piloto fica inconsciente. Daqui decorre, com possíveis

resultados dramáticos, a incapacidade de manter o controlo da aeronave. Esta incapacidade tem duas etapas designadas como **incapacidade absoluta** e **incapacidade relativa**.

A **incapacidade absoluta** acontece a partir do momento do desmaio que dura em média 15 segundos (a maioria dos casos registados estão entre os 9 e 21 segundos). Há basicamente duas hipóteses de evolução durante este desmaio, na primeira (mais comum) verifica-se o relaxamento muscular largando os comandos de voo, aliviando por esta via o número de G's e permitindo assim que o fluxo sanguíneo se restabeleça, na segunda a tensão muscular pode manter-se continuando o "aperto" e aí o fluxo sanguíneo não é repostado e a inconsciência mantém-se até ao embate com o solo. No primeiro caso, na fase final do período de inconsciência e antes de "acordar" são frequentes espasmos musculares e contracções involuntárias dos músculos motores. Estes movimentos descoordenados dos braços e pernas podem provocar a actuação errónea e indesejada tanto dos comandos de voo como de outros comandos (ejecção, largada de armamento ou cargas externas, ejecção da canopy, etc., etc.) com consequências drásticas. Ao recuperar a consciência o piloto entra então no período seguinte de **incapacidade relativa**.

Nos primeiros momentos após recuperar a consciência é comum experimentar um estado de confusão mental, apatia, desorientação e até perda de memória. Como regra esta fase durará sensivelmente o mesmo tempo que durou a inconsciência, isto é, em média mais uns 15 segundos até ficar de novo alerta e funcional. Somando os dois períodos obtemos um total que pode exceder ½ minuto em que o piloto se encontra incapaz de manter o controlo da aeronave. Como facilmente se compreenderá as probabilidades de sobrevivência a um incidente deste tipo dependem de variadíssimos factores, o risco de colisão tanto com o solo como com outras aeronaves nas proximidades é enorme. Nesta conformidade o procedimento correcto após um incidente deste tipo consiste em declarar emergência e aterrar logo que possível.

2.4 Sistemas de protecção contra as forças G

Vimos atrás que o organismo humano tem por si só alguma capacidade de adaptação e de compensação às forças G positivas embora reduzida. É fundamental encontrar medidas alternativas e artificiais para aumentar a tolerância a estas forças. A mais generalizada é o chamado fato anti-G.

O fato anti-G consiste numa espécie de calças muito justas que se aplicam nas pernas e na zona do baixo-ventre. Estas calças possuem internamente umas câmaras-de-ar insufláveis através de uma ligação ao avião e cuja gestão de insuflação é feita de forma automática por uma válvula dedicada para esse efeito. Porém este equipamento não

constitui a protecção primária, é uma ajuda, visto só fornecer uma tolerância adicional de 1 a 1,5 G. Há que recorrer à chamada “Manobra Anti-G” para evitar a inconsciência.

2.5 Manobra Anti-G

Esta manobra é ainda hoje a protecção mais eficaz de que dispomos e tem duas vertentes distintas e complementares: a **tensão muscular** e a **respiração cíclica**.

A **tensão muscular** consiste numa contracção forçada dos músculos das pernas, braços e abdominais, comprimindo desta forma os vasos sanguíneos nas partes inferiores do corpo. Esta tensão dos músculos motores, além do efeito atrás descrito, promove a circulação sanguínea de volta ao coração. Para se perceber melhor porque razão é tão importante esta manobra, quando bem feita claro, atente-se nos seguintes dados numéricos. A pressão normal de entrada do sangue no coração ronda os 6 a 8 mmHg. Para cada aumento de pressão de 1mmHG à entrada do coração, a pressão sistólica ou seja de saída, aumenta 4 a 6 mmHg. Compreende-se pois que quanto maior e melhor for a tensão muscular mais elevada será a tolerância aos G's, o que releva para a importância do treino físico dirigido. É importante também referir que a tensão muscular deverá começar antes da aplicação dos G's e manter-se até que se volte à condição de 1G.

A manobra acabada de descrever pode ser ainda potenciada com a **respiração cíclica** que, em conjunto com a tensão muscular (nunca isoladamente), contribui para aumentar a pressão dentro do peito durante a expiração forçada contra uma glote fechada. Este aumento de pressão na cavidade torácica comprime o coração e os vasos sanguíneos dentro dessa mesma cavidade, criando desta forma uma acção de bombagem artificial que resulta num aumento de pressão sanguínea na cabeça. O objectivo é manter a pressão peitoral sempre elevada até que os G's cessem. Aqui também alguns dados numéricos ajudarão a avaliar o benefício desta pratica. Quando bem efectuada a respiração cíclica pode aumentar a pressão sistólica (de saída) em cerca de 90% passando dos normais 120 mmHg para uns expressivos 220 mmHg. Se somarmos então todos os efeitos que temos vindo a descrever, para além do fato anti-G, uma combinação entre o reflexo cardiovascular, uma correcta tensão muscular e uma correcta respiração cíclica, poderemos obter valores de pressão sistólica superiores mesmo aos 250 mmHg que seriam suficientes para suportar uma força de cerca de 9 G's sem sequer experimentar perturbações visuais.

Apesar da forma simples como descrevemos todo este processo ele é extremamente complexo e bastante difícil de executar com a máxima eficiência, requerendo um treino intenso e constante. Acresce ainda o facto de que se não for tudo correctamente efectuado os resultados podem ser dramáticos pois em vez de aumentar a tolerância pode levar à inconsciência em poucos instantes. A condição física dos pilotos das aeronaves de alta

performance é um aspecto de vital importância sendo por essa razão obrigatória a adesão a um programa de treino físico dirigido e superiormente supervisionado (vide anexo A). Cabe aqui também referir que uma cadeira cuja inclinação fosse aumentando proporcionalmente ao número de G's propiciaria níveis de tolerância que se aproximariam dos 12 G's. A uma cadeira com esta funcionalidade chamaríamos de “adaptativa”.

2.6 Situação na Força Aérea Portuguesa

Como vimos atrás o treino físico, dirigido e supervisionado, é de extrema importância para variados aspectos da fisiologia de voo e é vital para a resistência e tolerância aos G's.

Presentemente as Esquadras de Voo, equipadas com o tipo de aviões a que este trabalho se refere, já estão dotadas de ginásios e máquinas de musculação, adequadas ao treino físico indispensável. Considera-se que seria uma mais valia importante dotar todas estas Esquadras com monitores de educação física, com a formação necessária para o acompanhamento do treino dos tripulantes. Haveria também todo o interesse em, através destes monitores, implementar um programa de treino físico com registo do progresso dos tripulantes, permitindo assim ao Comandante de Esquadra aquilatar das reais capacidades físicas do seu pessoal. Naturalmente que estes registos estariam à disposição do Gabinete de Prevenção de Acidentes da Inspeção-Geral da Força Aérea (IGFA/GPA) nas suas acções inspectivas.

Sendo um facto adquirido que a boa condição física é fundamental para o bom desempenho de todos os tripulantes nas suas funções em voo, seria também desejável que gradualmente todas as Esquadras (mesmo as de aeronaves menos “performantes”) fossem sendo equipadas com ginásios/equipamentos mais ou menos completos consoante as necessidades. Esta questão tem também a ver com a possível rotação dos tripulantes entre as diversas Esquadras, habilitando-os em todas com o equipamento, adequado ao seu treino.

Um outro aspecto que contribui para a tolerância aos G's é o “treino em centrífuga”. Sendo este equipamento demasiado oneroso para uma pequena Força Aérea como a nossa, seria vantajoso que periodicamente os nossos pilotos pudessem fazer um pequeno estágio num país estrangeiro (um ou dois dias apenas) o que lhes permitiria por um lado o tal treino e por outro avaliar *in loco*, o aumento da sua tolerância devido aos aspectos combinados do treino físico e da continuidade dos próprios voos na aeronave. É um dado adquirido que um piloto experiente, para a mesma constituição física e treino físico, tem maior tolerância normalmente que um novato.

Síntese Conclusiva

Os tripulantes das aeronaves de alta *performance* estão especialmente sujeitos às forças de aceleração linear, radial e angular, sendo esta última a grande responsável pelas forças G em que há variação tanto de velocidade como de direcção. As forças G produzem efeitos no corpo humano que dependem directamente da intensidade, duração de exposição, razão de aplicação, direcção da força de aplicação e área do corpo exposta a essa mesma força. O tipo de G's a que os pilotos estão mais expostos são os G's positivos, logo aqueles que maior relevo adquirem. Os seus efeitos mais perversos consistem em diminuição de mobilidade, perturbações visuais e até inconsciência. O uso de fato anti-G e a realização correcta da manobra anti-G são as formas mais comuns de aumentar a tolerância aos G's positivos. A boa condição física dos pilotos é vital e a adesão a um programa de treino físico orientado deve ser obrigatória.

A resposta da FAP a este problema é, em termos gerais, adequada. No entanto, podem ser diminuídos os efeitos adversos por um reforço de actuação na preparação física dos tripulantes (ginásio, equipamento, supervisão).

3. DESORIENTAÇÃO ESPACIAL

A Desorientação Espacial pode ocorrer de várias formas e em variados contextos. Para o propósito do presente trabalho considera-se que existe desorientação espacial quando um tripulante de uma dada aeronave tem dificuldade ou é mesmo incapaz de se aperceber correctamente da sua posição, altitude e movimento em relação ao horizonte da Terra. Todos os pilotos, sem excepção, ao longo da sua vida já experimentaram por diversas vezes este fenómeno, designado por Desorientação Espacial. Ele ocorre fundamentalmente quando se experimentam ilusões sensoriais e por qualquer razão, o piloto aceita estas ilusões como verdadeiras.

A orientação e o equilíbrio são garantidos por três sistemas do organismo humano: o visual, o vestibular e o proprioceptivo que são normalmente efectivos naquelas funções normais do dia a dia que envolvem forças externas em planos bidimensionais e normalmente estáveis, como sejam automóveis, motos, barcos ou comboios. Porém, em voo e especialmente em aviões de elevadas performances, os pilotos estão sujeitos a movimentos complexos e forças compostas que tornam os órgãos dos aludidos sistemas menos fiáveis, acabando por transmitir ao cérebro informações erradas. É pois esta a génese da Desorientação Espacial.

3.1 Tipos de desorientação

Podemos considerar três tipos de Desorientação Espacial: a **não reconhecida**, a **reconhecida** e a **incapacitante**.

A **não reconhecida**, tal como o nome indica, acontece quando o piloto não reconhece que está desorientado. Ocorre quando o piloto acredita nos seus sentidos para voar o avião em vez de reverter para o voo por instrumentos.

A **reconhecida** é a menos perigosa de todas. Há de facto desorientação mas o piloto tem consciência que está a ser afectado por ela e, revertendo para o voo por instrumentos, pode tentar recuperar a orientação. Em casos extremos poderá ter que ejectar-se.

A **incapacitante** é, verdadeiramente, aquela que não deixa grandes margens de manobra, tal é o seu grau que impede mesmo a recuperação, ainda que se venha a reconhecer que se está desorientado. Tentar ligar o piloto automático ou passar o controlo da aeronave a outro tripulante, se o houver, pode ser a solução, caso contrário a eiecção será mesmo a única e última solução disponível.

Passemos então agora a analisar os três sistemas sensoriais envolvidos no equilíbrio que são o **visual**, o **vestibular** (do ouvido interno) e o **proprioceptivo**.

3.2 Sistemas Sensoriais

3.2.1 Sistema Visual

O **Sistema Visual** é reconhecidamente o mais importante e aquele que fornece as indicações mais precisas em voo. Tomando alguns pontos fixos como referência fica-se com a noção da posição da aeronave e logo a sua velocidade relativa e direcção. Porém nem sempre as condições de visibilidade permitem voar com referências visuais exteriores à aeronave. Voando dentro de nuvens, por exemplo, as únicas referências são os instrumentos de voo. Em qualquer dos casos dependemos sempre da visão nem que seja para interpretar esses mesmos instrumentos.

Para termos uma ideia da importância das referências visuais, tome-se como exemplo um piloto a voar dentro de nuvens que começa a experimentar desorientação espacial. Se nessa ocasião, por acaso, ele sai das nuvens e fica em céu limpo então a reorientação e recuperação do equilíbrio é quase instantânea ao obter referências visuais exteriores que lhe dão a noção da posição do avião.

Podemos então afirmar que, quando não dispõe de referências visuais, sejam elas quais forem, exteriores ou dos instrumentos de voo, o cérebro vai buscar e interpreta fundamentalmente os impulsos do sistema vestibular para se orientar que, como veremos adiante e devido aos complexos movimentos bruscos e tridimensionais das aeronaves, facilmente é induzido em erro, fornecendo sensações falsas.

3.2.2 Sistema Vestibular

O sistema vestibular, conforme descrito no Apêndice C, encontra-se no ouvido interno e subdivide-se em dois: os canais semicirculares e os órgãos otólitos. Cada um deles ao ser estimulado provoca uma ilusão própria. Se for oriunda dos canais semicirculares designa-se por **ilusão somatogiral** e se for oriunda dos otólitos designa-se **ilusão somatogravidica**.

3.2.2.1 Ilusões somatogirais

Resultam do estímulo dos canais semicirculares, por acelerações angulares, causando um movimento reflexo e compensatório dos olhos, chamado Nistagmo. Este movimento reflexo dos olhos é lento, no sentido oposto ao da aceleração angular, sendo logo seguido por um regresso rápido dos olhos à sua posição central normal. As ilusões mais frequentes são as **inclinações** (“leans” em inglês), a **“vrille” ou espiral contínua** e a **ilusão de coriolis**.

As **inclinações** são as mais comuns, podendo acontecer da seguinte maneira. O piloto inicia uma volta em que a razão de “pranchamento” foi de tal maneira lenta que não excitou os canais semicirculares, logo ele não se sente em volta, porém ao endireitar o avião fá-lo com alguma brusquidão agora sim excitando-os e obrigando-os a dar a informação que o avião “pranchou” para o lado oposto pois em memória ele estava direito.

Na **“vrille” ou espiral contínua** há um efeito de estabilização que dará a falsa sensação ao piloto de que já parou o que não é verdade. Assim ao aperceber-se que está em “vrille” ele aplica os procedimentos de recuperação de “vrille”, porém ao fazê-lo os canais semicirculares entretanto estabilizados, dão informação de uma entrada para o lado contrário, podendo levar o piloto a reagir e aí sim voltar à “vrille” original.

A **ilusão de coriolis** acontece frequentemente quando o piloto se encontra numa volta a razão constante e passou já tempo suficiente para os canais semicirculares terem estabilizado. Nesta altura se ele voltar bruscamente a cabeça, por exemplo para mudar os dígitos de um rádio ou outro equipamento colocado lateralmente, pode com este movimento excitar dois ou mesmo mais canais, isto provocar-lhe-á a sensação de rolamento a três dimensões. Uma outra circunstância também comum para esta ilusão, consiste em durante uma manobra de escape de tiro voltar a cabeça para trás, numa tentativa de observar o resultado do tiro, aqui a desorientação será quase instantânea dada a magnitude dos G's e rapidez com que a cabeça é normalmente voltada.

3.2.2.2 Ilusões somatogravidicas

Já vimos que os otólitos são estimulados tanto pela força da gravidade como pelas acelerações lineares de diversas direcções e intensidades. Isto faz com que as células

pilosas sejam “dobradas” de variadíssimas maneiras, transmitindo ao cérebro todo o tipo de informações. As mais comuns são sensação de nariz em baixo ou descida ao desacelerar e de nariz em cima ou subida ao acelerar. Dois outros exemplos destas ilusões são a **ilusão de subida** e a **ilusão de inversão**.

Na **ilusão de subida** dá-se a estimulação dos otolitos por um aumento da gravidade, por exemplo uma rajada ascendente repentina provoca um impulso para o cérebro que diz que o avião iniciou uma subida, não tendo sido o caso, é antes uma situação pontual. Nestas circunstâncias se o piloto tentar corrigir aquilo que de facto não se verifica colocará o avião numa situação de picada ou nariz em baixo.

Na **ilusão de inversão** que ocorre durante uma manobra de nivelar brusca, as forças Gz negativas actuando sobre os otolitos darão aos tripulantes uma falsa sensação de estar invertido. Esta situação pode levar o piloto a tentar corrigir para uma atitude erecta colocando assim, ao fazê-lo, o avião numa atitude invertida.

3.2.3 Sistema Proprioceptivo

Ao sistema proprioceptivo, muito expressivamente, dão os americanos vulgarmente, o nome de “seat-of-the-pants”. Ele consiste num conjunto de pressoreceptores situados na pele, músculos, tendões e articulações que, de uma forma conjunta, ajudam a determinar a posição do corpo e o seu movimento. Convém relembrar novamente que o organismo humano foi programado para funcionar à superfície da Terra, logo a força que melhor reconhece é a da gravidade que está omnipresente. Em voo e sem referências visuais os impulsos transmitidos pelos receptores de pressão do corpo muitas vezes não correspondem à atitude real do avião. As forças G inerentes ao voo fazem com que este sistema proprioceptivo receba impulsos que os pressoreceptores não sabem interpretar correctamente. São pois totalmente ineficazes durante o voo em aeronaves de elevada performance.

3.3 Factores que influenciam a desorientação espacial

A **configuração do cockpit** é determinante em matéria de desorientação espacial. Os equipamentos que exijam manipulação frequente em voo não devem estar colocados lateralmente pois obrigam o piloto a voltar a cabeça durante as manobras e por essa via ficar mais exposto à desorientação espacial.

Os pilotos com elevado número de horas de voo fazem já com natural à vontade a transição entre voo visual e voo por instrumentos, porém para os mais jovens esses são momentos especialmente favoráveis à ocorrência de episódios de desorientação espacial.

Outro exemplo de potencial desorientação espacial é o voo praticado por tripulantes com **inflamações nas vias respiratórias superiores** (constipação). Estas podem originar o

bloqueamento da trompa de eustáquio, favorecendo o desenvolvimento de um diferencial de pressões entre o ouvido médio e o exterior do mesmo que, ao dissipar-se, vai causar uma estimulação mecânica nos órgãos do ouvido interno, provocando uma sensação de vertigem.

3.4 Como combater a desorientação espacial

Em condições de fraca visibilidade deve-se reverter, o mais cedo possível, para o voo por instrumentos e mantê-lo dessa forma, pois as referências visuais são essenciais para a manutenção do controlo da aeronave. Deve-se evitar transitar frequentemente entre voo visual e voo por instrumentos e acreditar nas indicações dos instrumentos, ignorando as sensações falsas oriundas dos sistemas sensoriais.

Manter a cabeça no encosto normalmente ajuda pois, se por um lado acaba com os movimentos da cabeça, por outro está a criar uma informação proprioceptiva, o que minimiza os efeitos e reduz o tempo de recuperação.

Outra recomendação passa por, se conseguir obter o controlo da aeronave, manter a linha de voo, utilizando os instrumentos, evitando quaisquer manobras até à completa recuperação.

No caso de a aeronave ser bilugar deve-se passar os comandos ao outro tripulante até conseguir recuperar a orientação.

Por último se não conseguir recuperar a orientação a única saída pode mesmo ser o abandono da aeronave ou seja a ejeção.

3.5 Situação na Força Aérea Portuguesa

Como atrás descrito, nesta matéria, as áreas de intervenção possível são sempre muitas e variadas, tal o largo espectro de elementos potencialmente indutores de desorientação espacial. “À cabeça” vem o treino de voo por instrumentos, preferencialmente em simulador por ser menos dispendioso, mas não só. O simulador permite a introdução de factores que na vida real por vezes, demoram muito a ser experimentados e casos há em que nem convém que sejam experimentados pela primeira vez a solo dentro de um monolugar, mormente alguns tipos de falhas e de emergências. Como também concluímos, é um facto reconhecido que a proficiência no voo por instrumentos e o à vontade dentro do *cockpit*, fornecido pela mesma, constitui por si só um factor redutor das possibilidades de ocorrência de desorientação espacial.

O domínio perfeito da aeronave, obtido por um bom controlo dos parâmetros de voo, em voo por instrumentos, só se consegue com muito treino e isso é fundamental não só para minorar os efeitos da desorientação espacial, mas também para o desempenho correcto, seguro e eficiente em condições meteorológicas adversas. Contudo a

desorientação espacial não ocorre apenas dentro de nuvens, pode surgir sempre que as referências visuais sejam deficientes, haja movimentos bruscos da aeronave ou da cabeça ou ocorram fortes acelerações ou desacelerações.

Com estes aspectos em mente, facilmente compreenderemos que tudo quanto possa contribuir para eliminar estes factores potenciadores da desorientação contribuirá também para combater a desorientação espacial.

A tecnologia, hoje em dia, introduz continuamente desenvolvimentos e equipamentos que podem contribuir decisivamente para resolver inúmeros problemas, beneficiando a desorientação espacial também dessas inovações tecnológicas. Naturalmente que dentro das possibilidades orçamentais da nossa FAP, recomendamos a compra e implementação destas novas tecnologias. Damos como exemplo mais emblemático as novas viseiras que reproduzem a informação mais importante do HUD, permitindo ao piloto manter total controlo da aeronave mesmo enquanto está preocupado em visualizar algo no espaço à sua volta ou no solo para um dos lados.

Apesar das novidades surgirem até à medida que escrevemos, o fundamental será ter em conta os mecanismos que descrevemos para a ocorrência da desorientação espacial e aquilatar da aplicabilidade e valor dos novos “gadgets” com vista à redução ou eliminação das condições favoráveis à ocorrência da referida desorientação. Aqui contará bastante a opinião dos tripulantes por um lado e a da Secção de Treino Fisiológico do Centro de Medicina Aeronáutica (CMA/STF) por outro. Deverão ser consideradas as suas opiniões para a tomada de decisão na aquisição de novos equipamentos que serão normalmente sempre dispendiosos.

Por último sobre esta matéria, ainda há que ter em consideração mais um aspecto. No passado, sempre que foi necessário introduzir novos equipamentos nos *cockpits*, estas alterações não demonstravam cuidados com a questão da desorientação espacial, aparecendo controlos e comandos nas posições mais inimagináveis o que obrigava, por vezes, a verdadeiros contorcionismos para operar um rádio ou equipamento. Hoje em dia nada disto pode voltar a acontecer sob pena de, com esses actos impensados ou de menor sensibilidade para o problema da desorientação espacial, podermos contribuir para perda de aeronaves e tripulantes.

Síntese Conclusiva

O organismo humano não está adaptado aos movimentos e acelerações segundo os três eixos que se verificam em aeronaves de elevadas *performances*, ficando por essa via susceptível à desorientação espacial que pode ser: não reconhecida, reconhecida e incapacitante, levando esta última por vezes à perda da aeronave e até do tripulante.

Há três sistemas sensoriais responsáveis pelo equilíbrio: o visual, o vestibular e o proprioceptivo, sendo o visual aquele mais fiável e para o qual devemos reverter sempre que experimentemos desorientação espacial. O sistema vestibular que se divide em dois subsistemas, canais semicirculares e órgãos otolitos, é o maior responsável pelas situações de desorientação espacial. Fortemente susceptível às acelerações angulares e lineares, ele transmite indicações erróneas quando não existem referências visuais disponíveis. As ilusões podem ser somatogravíticas quando oriundas dos otolitos e somatogirais quando oriundas dos canais semicirculares. A mais perigosa ilusão do sistema vestibular é a *ilusão de coriolis* que resulta da estimulação simultânea de vários canais semicirculares dando ao piloto a sensação de estar a movimentar-se tridimensionalmente.

Há vários factores que afectam a desorientação espacial como sejam a configuração do cockpit, a transição entre voo visual e por instrumentos ou as variações de pressão no ouvido médio. A desorientação espacial pode ser minimizada revertendo, logo que sentida, para voo por instrumentos e acreditando neles, encostando a cabeça no encosto, procurando manter linha de voo, passando os comandos a outro tripulante, se o houver. Em último recurso pode ser necessário abandonar a aeronave.

O incremento, dentro da razoabilidade, do treino em simulador dos tripulantes com vista à melhoria da proficiência e à vontade no voo por instrumentos, bem como a aquisição criteriosa de equipamentos que evitem os inúmeros movimentos de cabeça dos tripulantes, potenciais causadores de desorientação espacial, são alguns dos instrumentos que a FAP pode activar para minimizar os efeitos perversos da desorientação espacial.

4. VARIAÇÃO DA PRESSÃO E SEUS EFEITOS NO ORGANISMO HUMANO

O corpo humano possui uma série de cavidades que contêm ar no seu interior. As aeronaves ao subir e descer expõem os tripulantes a diferentes valores de pressão atmosférica o que torna importante que as pressões dentro destas cavidades se equilibrem com as exteriores, pois se assim não acontecer efeitos perversos surgirão.

Alguns exemplos destas cavidades são o estômago e os intestinos que contêm uma mistura de ar e gás resultante da digestão e os pulmões e os ouvidos que contêm ar. Todos estes gases se expandem e contraem ao sofrer as variações de pressão, o que provoca certas dificuldades fisiológicas com que os pilotos têm que aprender a lidar e devem saber como evitar, em voo, os efeitos perversos de desequilíbrios de pressão.

O estudo dos gases regula-se, relativamente à pressão, pela lei de Boyle & Mariotte que diz que a uma temperatura constante, o volume de um gás varia na razão inversa à pressão a que está sujeito. Para além disto sabemos também da física que um gás húmido se expande mais facilmente que um gás seco. Um outro dado científico, a ter em conta,

consiste no facto de a uma altitude de 63.000 pés, sem qualquer aumento de temperatura, todos os fluidos do corpo humano entrarem em ebulição, ou seja, passam ao estado gasoso.

Em circunstâncias normais e dentro de certos limites, um organismo saudável suporta razoavelmente bem as diferenças de pressão, tanto em altitude (hipobáricas) como em mergulho (hiperbáricas). No entanto é fundamental, para que assim seja, que entre as cavidades do corpo e o exterior se faça uma comunicação fácil, permitindo a equalização das pressões. Pelo contrário, se houver obstruções os resultados podem ser perigosos pois o volume dos gases vai alterar-se, causando problemas mais ou menos graves que podem ir até à incapacitação. Os órgãos que são mais atingidos e que podem provocar sintomas dolorosos são os **ouvidos**, os **seios perinasais**, os **alvéolos dentários** e o **aparelho digestivo**. Analisaremos cada um deles para avaliar como reagem às variações de pressão e como combater os efeitos perversos.

Por outro lado, e não menos importantes, as transferências de oxigénio para o sangue, que se dão ao nível alveolar, dependem de um diferencial de pressão afectado pela altitude e pelas razões de subida e descida das aeronaves principalmente das de elevada performance. Por tal, abordaremos igualmente neste capítulo a **hipoxia** e **hiperventilação** respectivamente, a diminuição das funções do organismo humano por falta de O₂ e a alteração da cadência respiratória devido à libertação excessiva de CO₂.

4.1 O Ouvido (barotites) (vide Apêndice A)

Descrevendo o ouvido de fora para dentro, este é constituído pelo ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. O ouvido externo é composto pelo pavilhão auricular e o canal auditivo externo que conduzem as ondas sonoras ao tímpano. Esta membrana, o tímpano, faz a divisão entre o ouvido externo e o ouvido médio e vibra quando as tais ondas sonoras o atingem. As vibrações são ampliadas e transmitidas à cóclea (caracol) por três ossículos. O ouvido médio constitui assim uma cavidade que comunica com o exterior através da trompa de Eustáquio. O ouvido interno, constituído então pela cóclea (ou caracol) converte as vibrações transmitidas pelos ossículos em impulsos eléctricos que por sua vez são transmitidos ao cérebro pelo nervo auditivo.

Como se pode inferir da anterior descrição, é o ouvido médio que, pelas cavidades que comporta, está mais sujeito aos efeitos barométricos. Ele comunica com o exterior através de um canal fibrocartilaginoso que se abre na parede lateral da rinofaringe, isto é, na parte posterior da garganta, a tal trompa de Eustáquio. Este canal está normalmente fechado e abre-se através da contracção dos músculos da faringe ao mexer o maxilar inferior, seja na mastigação, deglutição ou bocejo.

Durante a subida, à medida que a pressão diminui, o volume do ar dentro do ouvido vai aumentando, fazendo o tímpano abaular para fora e dando uma sensação, sem dor, de ouvido cheio. Quando o diferencial de pressão atinge sensivelmente os 15 mmHg o ar do interior força a trompa a abrir-se, com alguns pequenos estalidos e sai, equilibrando as pressões e deixando assim de forçar o tímpano que regressa à sua posição original. Este processo repetir-se-á tantas vezes quantas as necessárias à medida que se vai subindo.

Durante a descida, porém, pela própria configuração da trompa de Eustáquio, o processo de equalização das pressões é muito mais complicado. Esta trompa funciona como uma válvula de não retorno, facilitando a saída do ar mas resistindo à sua entrada. À medida que a pressão no exterior vai aumentando, o tímpano é forçado para dentro e as paredes da trompa de Eustáquio colapsam, impedindo a ventilação. Se o diferencial de pressão continuar a aumentar a trompa será impossibilitada de abrir e o tímpano pode mesmo rebentar. Naturalmente que todo este processo é bastante doloroso e os danos poderão ser permanentes. Deve assim constituir preocupação constante do piloto a equalização frequente das pressões no ouvido médio durante a descida. Deglutar e bocejar frequentemente para abrir a trompa de Eustáquio é o método mais comum mas que pode não ser suficiente, quando em presença de razões de descida muito elevadas. Nesses casos será necessário efectuar a manobra de valsalva que consiste em forçar o ar a entrar na trompa de Eustáquio, fechando a boca, apertando o nariz e fazendo força expirando. Desta forma estamos a colocar uma pressão grande na base da trompa obrigando-a a abrir e equilibrando assim as pressões.

Nas descidas mais acentuadas a manobra de valsalva deve ser executada amiúde pois se o diferencial de pressão se torna demasiado grande pode já nem esta manobra resolver o problema. Nestes casos a única solução será interromper a descida e na maior parte das vezes mesmo voltar a subir numa tentativa de fazer diminuir o diferencial de pressão para que a valsalva já seja capaz de abrir a trompa.

Ainda associado ao bloqueamento do ouvido médio ocorre um outro fenómeno para quem respira 100% de oxigénio em altitude, o que acontece com alguma frequência nos aviões de combate de elevadas performances. Como é o oxigénio, respirado através da máscara que vai servir para a equalização das pressões, o que fica no interior do ouvido médio é oxigénio puro, em lugar da mistura de gases que normalmente compõe o ar respirado. Ora o oxigénio com o tempo é absorvido pelos tecidos e, entre duas a seis horas depois de ter aterrado, esta absorção é suficiente para causar um diferencial de pressão capaz de bloquear o ouvido médio. É por isso necessário, mesmo depois do voo ir, de tempos a tempos, fazendo uma manobra de valsalva para evitar este fenómeno.

Todo este processo, apesar de já potencialmente incapacitante, parece ainda assim relativamente simples, porém não o é, pois tem algumas cambiantes que complicam tudo. Por vezes e após esforço maior ou menor, a abertura da trompa pode ocorrer intempestivamente, resultando numa equalização de pressões de tal maneira violenta que consegue atingir e estimular os órgãos do equilíbrio dentro do ouvido interno. Esta estimulação provoca uma vertigem que dura aproximadamente 10 a 15 segundos. Mas ainda não é tudo, pois temos dois ouvidos e as probabilidades de que não equalizem pressões rigorosamente em simultâneo são enormes e dependem de variadas razões.

4.2 Seios perinasais (barosinusite) (vide Apêndice A)

Os seios perinasais são cavidades nos ossos da face e crânio forradas por uma membrana mucosa húmida. Estão ligadas à fossa nasal por pequenos orifícios o que lhes permite manter sempre as pressões equalizadas. No entanto, tal como os ouvidos, também acarretam alguns problemas, sendo os mais afectados os seios frontais, por cima dos sobrolhos e os seios maxilares, no osso malar por baixo dos olhos.

O mecanismo de aumento e diminuição de volume dos gases, já explicado para os ouvidos, é idêntico nos seios perinasais. Em condições normais estes não apresentam problemas de difícil ventilação. As complicações previsíveis são as decorrentes de edemas resultantes de infecções nas vias respiratórias superiores. Nesses casos poderão ser afectados um ou mais seios em simultâneo, provocando dores, que vão aumentando de intensidade com o aumento do diferencial de pressão. Tal como na equalização das pressões no ouvido médio também os problemas mais graves ocorrem na descida, mas com uma agravante: a valsalva apenas muito raramente tem influência nos seios perinasais e não existe nenhuma outra manobra que o piloto possa executar. A única forma de mitigar o problema é voltar a subir e ensaiar uma descida muito lenta por patamares. Nos casos em que não é possível equalizar as pressões podem acontecer descargas de muco ensanguentado que ainda assim não costumam resultar em lesões irreversíveis.

Também nos seios perinasais, à semelhança do que acontece nos ouvidos, a respiração de 100% de oxigénio pode provocar, algumas horas após o voo, um quadro de sinusite aguda retardada.

É absolutamente fundamental que todos os pilotos percebam que não devem voar com inflamações das vias respiratórias superiores.

4.3 Dentes

Com a utilização de materiais de obturação dentária mais modernos as barodontalgias (dor de dentes) provocadas pelas variações de pressão barométrica têm vindo a ser menos frequentes, todavia ainda ocorrem. Aqui com uma variante em relação

aos casos anteriores, acontecem durante a subida, resolvendo-se portanto na descida. O seu mecanismo tem a ver com dentes cuja polpa está inflamada ou exposta. A bolha gasosa na polpa dentária, com a diminuição da pressão, expande-se e acaba por comprimir o nervo do dente. É portanto fundamental que todos os dentes estejam saudáveis ou então devidamente tratados com material de obturação adequado.

4.4 Expansão dos gases nas vias gastrointestinais

Os gases mais comuns dentro das vias gastrointestinais são naturalmente o oxigénio, o dióxido de carbono, o nitrogénio e o gás sulfídrico. Todos se comportam segundo a lei de Boyle & Mariotte. O estômago e os intestinos contêm quantidades variadas de gases que resultam por um lado do ar engolido e por outro dos gases provenientes do processo digestivo.

A equalização das pressões torna-se indispensável durante a subida. Nos aviões de combate de elevadas performances, com razões de subida muito acentuadas, a equalização pode não ocorrer ao ritmo necessário provocando câibras pela distensão abdominal logo desde os 15.000'. Pode ser necessário aliviar um pouco os cintos, ensaiando alguns movimentos dentro do possível (nunca desapertá-los numa cadeira de ejeção) e massajando o abdómen.

Os tripulantes destas aeronaves devem evitar refeições pesadas, grandes quantidades de líquidos, especialmente bebidas carbonatadas e pastilhas elásticas, estas últimas por favorecerem a deglutição de ar. Alguns alimentos devem também ser evitados, pois libertam grandes quantidades de gases durante o processo digestivo. São exemplos disso a cebola, o feijão, o grão, as ervilhas, as couves, os pepinos, o melão, as maçãs, entre outros.

4.5 Hipoxia

A hipoxia, que não é mais nem menos do que a diminuição das funções do corpo humano por falta de oxigénio quer ao nível dos pulmões, do sangue ou das células, está directamente ligada a estas questões da operação a níveis muito altos na atmosfera. A sintomatologia associada, embora característica, é bastante variada e insidiosa.

O oxigénio, indispensável à vida das células humanas, encontra-se na atmosfera e constitui 21% da sua composição, sendo os restantes 78% de nitrogénio (azoto) e 1% de gases raros. Porém, como já vimos, à medida que subimos na atmosfera a sua pressão barométrica vai exponencialmente diminuindo. Ora como as transferências do oxigénio para o sangue que se dão ao nível alveolar dependem de um diferencial de pressão no sentido desejado, é necessário ir compensando a perda da pressão parcial do oxigénio durante a subida. Isso é feito numa primeira fase, aumentando a proporção do oxigénio até

que se atingem os 100% desse gás, e numa segunda a solução será fornecer aos pulmões esses 100% de oxigénio mas agora com pressão artificial, designada por respiração com pressão assistida. Das várias leis dos gases que regulam o seu comportamento aqui aplica-se a lei de Dalton que diz que “a pressão total dos gases numa mistura é igual à soma das pressões parciais de cada gás dessa mistura”. É esta lei que nos ajuda a entender porque razão o oxigénio começa a ser insuficiente para a sobrevivência humana à medida que vamos subindo.

As transferências gasosas a nível pulmonar visam manter um equilíbrio no sangue entre o oxigénio (O₂) fornecido e o dióxido de carbono (CO₂) retirado. É aliás através deste equilíbrio detectado por umas células, neurónios quimio-receptores, existentes na base do cérebro e na artéria aorta, que o ritmo respiratório é automaticamente acelerado ou desacelerado. É claro que também podemos fazê-lo voluntária e conscientemente o que neste caso particular dos aviões de combate de elevadas performances assume primordial importância.

A hipoxia pode surgir a qualquer altitude pelas mais diversas razões, porém acima dos 10.000’ (limite superior da altitude fisiológica) ela é uma realidade. Vamos abordar os tipos de hipoxia, as suas causas, os seus efeitos e factores que os influenciam e por fim como precavê-la e tratá-la. São quatro os tipos de hipoxia, a saber, **hipóxica** ou de altitude, **hipémica**, **estagnada** e **histotóxica**.

4.5.1 Hipoxia hipóxica ou de altitude

Hipoxia hipóxica é a deficiência de oxigénio a nível alveolar consequente à diminuição parcial do oxigénio no ar respirado. Não se faz a reposição do oxigénio suficiente no sangue de forma a suprir o seu gasto pelas células. A pressão parcial de oxigénio nos alvéolos tem que ser suficientemente superior à pressão desse mesmo gás no sangue para criar um gradiente de pressão que dê origem à troca gasosa. No caso das aeronaves, há várias razões possíveis para que a pressão seja reduzida: mau funcionamento ou utilização incorrecta do sistema de oxigénio, falha no sistema de pressurização da aeronave e a diminuição da pressão com a altitude. Mesmo com todos os sistemas a operar correctamente não é seguro operar acima dos 50.000’ sem dispor de fato pressurizado. A mínima falha significaria inconsciência imediata e morte em poucos minutos.

4.5.2 Hipoxia hipémica

Neste caso a falta do oxigénio não tem a ver com carência do mesmo no meio ambiente mas sim com a falta de capacidade adequada do sangue em fazer o seu transporte e distribuição pelas células. Por exemplo a falta de glóbulos vermelhos que contêm hemoglobina encarregue do transporte do oxigénio é uma causa possível e essa falta fica a

dever-se por exemplo a uma anemia, uma hemorragia ou até a ter dado sangue. No caso das duas últimas o piloto deve ficar impedido de voar por um período mínimo de 72 horas.

Um outro aspecto importante uma vez que a sua incidência é ainda elevada é o fumo do tabaco. O monóxido de carbono inalado ao fumar combina-se com a hemoglobina do sangue 250 vezes mais rápido do que o oxigénio, saturando o sangue deste gás e impedindo-o de levar oxigénio. Para um fumador habitual o seu ponto de partida em matéria de saturação sanguínea por oxigénio é o equivalente aquele experimentado à volta dos 7 ou 8.000', ou seja está já muito perto dos 10.000' o tal limiar da altitude fisiológica. A susceptibilidade dos fumadores é portanto muito maior do que aquela dos que o não são.

4.5.3 Hipoxia estagnada

Este tipo de hipoxia decorre da diminuição do fluxo sanguíneo quer a nível geral quer local. Tudo que afecte o rendimento cardíaco resultará em hipoxia celular generalizada. Aqui o exemplo mais característico consiste nos G's. Já vimos no capítulo dois deste trabalho que a falta do oxigénio leva os pilotos até à inconsciência passando ou não por variados estágios antes. O estado de choque leva também a este tipo de hipoxia pois o sangue deposita-se nos vasos dilatados, faltando noutras áreas do corpo.

4.5.4 Hipoxia histotóxica

Neste caso são os distúrbios metabólicos que dificultam a capacidade das células em utilizar convenientemente o oxigénio levado até si. Hoje em dia há uma quantidade enorme de materiais sintéticos dentro das aeronaves que quando em combustão libertam cianeto, o qual, altamente tóxico mesmo em quantidades pequeníssimas incapacita em alguns segundos e mata em alguns minutos. Porém não são necessários casos tão extremos, pois o álcool e as drogas além de afectarem a hemoglobina, têm efeitos tóxicos directos sobre o metabolismo celular. São portanto múltiplas também as causas para este tipo de hipoxia.

4.5.5 Efeitos da hipoxia

O aspecto mais importante a reter consiste no facto dos sintomas associados à hipoxia não causarem qualquer desconforto ou dor. Daqui decorre um índice de risco de acidente muito elevado. Paralelamente todos esses sintomas e o grau com que afectam os tripulantes são variáveis de caso para caso, de onde resulta fundamental a aprendizagem individual da sua própria sintomatologia. Para isso existem estágios de fisiologia de voo com "voos" em câmaras hipobáricas onde todos têm hipótese de experimentar e memorizar os seus próprios sintomas em ambiente controlado, seguro e com assistência médica. Uma vez identificados esses sintomas, eles mantêm-se mais ou menos inalterados ao longo do tempo, dando assim algum grau de fiabilidade ao alerta que podem dar aos pilotos numa

situação de hipoxia em voo. Os sintomas dividem-se em duas grandes categorias: **objectivos** – cianose, euforia, agressividade, hiperventilação, confusão mental, raciocínio deficiente, descoordenação muscular e **subjectivos** – fadiga, autoconfiança, vertigens, tonturas, falta de ar, dor de cabeça, sensações de calor e frio, formigueiros, visão turva, etc. Os primeiros são observáveis por outro tripulante se o houver, porém os segundos só o próprio sentirá.

Ao aperceber-se de qualquer destes sintomas o piloto deve ser capaz de tomar medidas que lhe permitam sair rapidamente da hipoxia em que se encontra, caso contrário a degradação das suas capacidades rapidamente o incapacitarão. Quer isto dizer que apenas teremos um certo período de tempo ao nosso dispor para reagir que se costuma designar por Tempo de Consciência Útil (TCU).

4.5.6 Tempo de consciência útil

Define-se TCU como o tempo que medeia entre a interrupção do abastecimento de oxigénio até ao momento em que se começam a perder faculdades físicas e/ou mentais.

O TCU varia de indivíduo para indivíduo e num mesmo indivíduo também está sujeito a variações relacionadas com actividades que aumentem o metabolismo celular, como por exemplo uma sessão de acrobacia com elevados números de G's resultará numa diminuição do seu TCU. Assim e apenas como referência, os TCUs médios num tripulante saudável e repousado são os seguintes:

- 18.000' – 20 a 30 min	- 25.000' – 3 a 5 min	- 30.000' – 1,5 a 2 min
- 35.000' – 30 a 60 seg	- 40.000' – 15 a 20 seg	- 45.000' – 9 a 12 seg

4.5.7. Factores que influenciam a hipoxia

Analiseemos brevemente os factores considerados mais relevantes. Quanto mais elevada for a **altitude** mais graves e mais rápidos serão os sintomas. O sedentarismo e a obesidade reduzem significativamente a resistência à altitude, logo uma boa **condição física** é essencial.

Qualquer **esforço físico** faz aumentar o consumo de oxigénio pelos músculos, como no caso dos G's, daqui resultará um aparecimento da sintomatologia muito mais rápido, diminuindo portanto a tolerância à altitude.

Considerando que as aeronaves actuais, de elevadas performances, são capazes de razões de subida verdadeiramente surpreendentes é potenciado o aparecimento dos sintomas ainda mais cedo. No caso de uma descompressão rápida o TCU pode ser reduzido a metade.

Há inúmeras circunstâncias em que se atingem temperaturas extremas dentro dos cockpits que exigem dos mecanismos compensatórios (vasodilatadores e vasoconstritores) grandes ajustamentos no sentido de manter a temperatura corporal. Isto faz diminuir a tolerância à hipoxia.

Um factor óbvio que dispensa comentários é o **tempo de exposição**, quanto maior mais grave a hipoxia.

Um último factor a que dedicaremos mais adiante atenção redobrada chama-se **stress auto imposto**. Tem a ver com consumo de medicamentos, drogas, álcool, tabaco, entre outros e estilos de vida desregulados com pouco descanso por exemplo. Tudo isto contribuirá também para uma reduzida tolerância à altitude e predisposição à hipoxia.

4.6 Hiperventilação e seus efeitos

Como foi visto atrás, o nosso ritmo respiratório é automaticamente controlado pelos quimio-receptores, encarregues de medir o equilíbrio entre as concentrações de oxigénio e dióxido de carbono no sangue, tentando mantê-las por essa via dentro dos parâmetros normais. Vimos também já que o metabolismo celular pode ser afectado de variadíssimas maneiras, consumindo mais oxigénio e libertando mais dióxido de carbono. O automatismo entra em funcionamento e aumenta a cadência e profundidade respiratórias.

Com este mecanismo em mente vejamos então agora alguns exemplos de situações, em que, por outras razões, o nosso ritmo respiratório se pode alterar involuntariamente (hiperventilação), provocando uma libertação excessiva de dióxido de carbono e desequilibrando as concentrações no sangue, criando um défice deste último gás com toda uma sintomatologia associada:

Situações de emergência mais ou menos graves podem criar picos de stress, medo, ansiedade e desconforto físico que facilmente descontrolam os reflexos normais do corpo humano, levando-nos a respirar mais intensamente.

A própria hipoxia que sabemos resulta da falta de oxigénio pode levar-nos a respirar mais rápida e profundamente numa tentativa de absorver mais oxigénio rumo a uma recuperação desejada que poderá mais facilmente conduzir-nos a uma situação de hiperventilação.

A respiração normal é activa (requer esforço) na inspiração e passiva na expiração. Porém quando estamos a receber pressão positiva ou assistida o ciclo da respiração inverte-se. A fase activa passa a ser a expiração, logo é mais fácil inspirar, daqui resultando uma propensão para acelerar se não for conscientemente contrariada.

De forma semelhante ao que foi feito para a hipoxia aqui também podemos enumerar os sintomas objectivos e os subjectivos, porém enquanto os primeiros menos

importantes para o próprio, ainda são algo característicos, os segundos são terrivelmente semelhantes aos da hipoxia, o que faz com que muitos pilotos fiquem sem saber concretamente o que estão a experimentar.

Os sintomas objectivos são os seguintes – palidez, rigidez e tensões musculares, espasmos musculares e perda de conhecimento. Os subjectivos – tonturas, vertigens, fraqueza, náusea ligeira, entorpecimento, sensações de frio e tremores musculares.

Em virtude das semelhanças, a prevenção e tratamento tanto da hipoxia como da hiperventilação requerem alguns cuidados especiais.

4.7 Prevenção da hipoxia e hiperventilação

Para uma mais fácil sistematização vamos dividir esta prevenção em dois períodos: antes e durante o voo. Para o primeiro período (antes do voo) os tripulantes deverão evitar: hábitos tabágicos, auto medicação e ingestão de bebidas alcoólicas nas 12 horas que antecedem o voo (hipoxia histotóxica). Para além disto, os pilotos devem antes do voo, fazer uma verificação minuciosa do funcionamento correcto do sistema de fornecimento de oxigénio do avião e também de todo o seu equipamento pessoal, incluindo a máscara e o “connector”.

Durante o voo e com vista a detectar possíveis anomalias devem ser conduzidas inspecções periódicas ao sistema de oxigénio, como aliás previstas nos “checklists”. Uma menomónica largamente difundida e seguida por todos os pilotos é a seguinte:

P – “pressure” – verificar a pressão e quantidade ainda disponível no sistema.

R – “regulator” – confirmar a posição correcta dos selectores.

I – “indicator” – o indicador de fluxo, branco na inspiração e preto na expiração deverá estar a funcionar correctamente. Sustendo a respiração podemos verificar se há fugas caso não se mantenha no preto.

C – “connections” – verificar que as ligações se mantêm bem seguras.

E – “emergency” – verificar o funcionamento correcto do regulador na posição de emergência e as ligações da garrafa de emergência, se a houver, bem seguras.

4.8 Tratamento da hipoxia e hiperventilação

Visto a dificuldade que existe em determinar a que situação se devem os sintomas, que eventualmente estejamos a experimentar, há que proceder de tal forma que o tratamento satisfaça ambas. Caso se trate de hipoxia há ainda a questão do TCU que obriga à maior celeridade possível. Assim, recomendam-se os seguintes procedimentos:

- ✓ Colocar o selector ON/OFF do regulador de oxigénio em ON (para cima)
- ✓ Colocar o selector de diluição NORMAL/100% do regulador em 100% (para cima)

- ✓ Colocar o selector de EMERGÊNCIA em EMERGÊNCIA (para cima)
- ✓ Verificar todas as ligações, confirmando que estão seguras
- ✓ Controlar a respiração já que é fácil passar da hipoxia à hiperventilação

Caso a recuperação não se dê de imediato descer abaixo dos 10.000'

4.9 Situação na Força Aérea Portuguesa

Em termos gerais, poderemos afirmar que nesta matéria não há muito a melhorar em relação ao que já vigora e se pratica na FAP, como prevenção para os efeitos adversos da variação de pressão barométrica.

No entanto, nunca é demais reforçar a ideia de que a adesão escrupulosa a todos os procedimentos constantes dos manuais e checklists é de vital importância numa matéria em que numa questão de segundos se pode perder a consciência.

Adicionalmente, a importância do bom funcionamento e estado de conservação de todos os equipamentos de fornecimento de oxigénio e pressurização é também vital, registando-se já hoje uma consciencialização elevada da importância destes aspectos tanto por parte dos tripulantes, cuja sobrevivência deles depende, como por parte do pessoal de manutenção, que integra as respectivas Secções de “equipamentos de voo”.

Um aspecto de grande importância são os constantes refrescamentos e estágios de fisiologia de voo, levados a cabo pelos tripulantes na STF do CMA, em que são feitos “voos” em câmara hipobárica que permitem tomar conhecimento das respectivas sintomatologias individuais em caso de mau funcionamento dos diversos sistemas de suporte à vida. Aliás esta é uma área que justificaria a presença, em permanência na Unidade Base (UB) e durante a actividade de voo, de um Médico com curso de Medicina Aeronáutica (Médico Aeronáutico), com vista à resolução em tempo útil de possíveis barotraumatismos resultantes tanto de tripulantes que vão voar em condições de saúde deficientes, como de emergências com as aeronaves. São exemplos as barotites, barosinusites, rupturas de tímpano ou até doenças de descompressão resultantes de alguma descompressão rápida por exemplo na sequência da perda ou quebra de uma *canopy*. As razões que aconselham a presença de um Médico com estas qualificações, sempre que haja actividade aérea, são múltiplas e muito variadas. Recomenda-se, por tal, a previsão no quadro orgânico das UB de um Médico Aeronáutico.

Por outro lado, para além do aconselhável equilíbrio alimentar que influencia a saúde em geral, é fundamental prever a expansibilidade dos gases e influência que isso pode ter na performance humana. Todos os alimentos cuja transformação no processo digestivo liberte gases, são “proibitivos” para quem vai voar nestas aeronaves, sendo essencial prever uma ementa especial para este tipo de pessoal navegante.

Síntese Conclusiva

A pressão atmosférica e suas variações afectam o organismo humano de diversas formas. O volume dos gases localizados dentro de cavidades aumenta e diminui com a pressão, sendo os órgãos mais afectados os ouvidos, os seios perinasais, o aparelho digestivo e os dentes. Os ouvidos e os seios perinasais costumam dar mais problemas na descida, uma vez que na subida a equalização das pressões se faz sem dificuldade. É na descida que são necessários procedimentos adequados para permitir a equalização das pressões dentro e fora das cavidades. A manobra de valsalva é a mais importante de todas e uma regra importante é não deixar o diferencial de pressão aumentar a ponto de provocar danos que podem ser definitivos, por exemplo uma rotura de tímpano. Os dentes por seu turno podem gerar problemas na subida o que não representa problema de maior, a descida resolve-os. O trato gastrointestinal pode provocar dores violentas se os gases ficarem presos na subida e o piloto não for capaz de expulsá-los.

Com a subida, a pressão parcial de oxigénio começa a baixar muito e este gás vital começa a faltar no organismo com todas as consequências adversas que daí virão sendo a mais grave de todas a inconsciência. Este fenómeno designa-se por hipoxia que tem várias cambiantes e depende de inúmeros factores. O tempo que medeia entre a falta de oxigénio e a inconsciência é tanto mais reduzido quanto maior for a altitude e a razão de subida e é conhecido como tempo de consciência útil (TCU). Este TCU por volta dos 35.000' é apenas de alguns segundos. Hábitos comportamentais, alimentares e outros além de uma boa condição física, são determinantes na tolerância aos efeitos da altitude e da falta de pressão atmosférica associada.

No que diz respeito à FAP, apesar de não haver muito a melhorar, ficou justificada não só a necessidade de prever a inclusão nos quadros orgânicos das UB de um Médico com formação em Medicina Aeronáutica como também do cuidado a ter na alimentação do pessoal tripulante de aviões de alta *performance*.

5. STRESS AUTO IMPOSTO

Em matéria de segurança de voo e investigação de acidentes, o factor humano é um conceito amplo que engloba um vasto leque de questões fisiológicas e psíquicas numa tentativa de explicar porque razões os acidentes ocorrem. É neste quadro que o stress (vide apêndice A) assume especial importância pois diminui o desempenho dos tripulantes quando em ambientes complexos onde as suas capacidades físicas e mentais são exigidas ao seu melhor nível.

De forma simples podemos dividi-lo em duas grandes categorias: **auto imposto** – decorrente de auto medicação, tabagismo, ingestão de bebidas alcoólicas, etc. e **resultante**

do ambiente – más condições meteorológicas, alta densidade de tráfego, emergência com a aeronave, etc. É da conjugação destes dois tipos de stress que resultam diminuições de capacidade de resposta do ser humano que potenciam, com demasiada frequência, o acidente. Se no que diz respeito ao segundo grupo a nossa capacidade de intervenção é muito limitada, no primeiro pelo contrário há um vasto campo de intervenção possível.

O stress auto imposto, como o próprio nome indica, resulta de acções, deliberadamente praticadas pelos tripulantes, que vão desde o consumo exagerado de tabaco, álcool, cafeína e auto medicação até má nutrição, baixa forma física e estilos de vida pouco saudáveis. Se a tudo isto ainda somarmos os problemas que ocorrem com o ritmo circadiano (vide Apêndice A) temos todos os ingredientes para uma “mistura explosiva”.

Vamos analisar os efeitos daqueles elementos de stress auto imposto mais importantes e em seguida apresentaremos as formas de combater esse mesmo stress.

5.1 Auto medicação

No nosso dia a dia quem não tomou sem prescrição médica diversos medicamentos para os mais variados fins? Todos certamente! No entanto, os tripulantes do tipo de aeronaves em causa não devem fazê-lo e na maioria das Forças Aéreas esta matéria está vertida nos regulamentos. A maioria dos medicamentos serve para aliviar sintomas que podem decorrer de doenças mais ou menos graves sem tratar a doença propriamente dita e os seus efeitos podem ser classificados em quatro categorias, conforme descrito no Apêndice D.

5.2 Tipos de medicamentos mais comuns em auto medicação

Há um conjunto de medicamentos de venda livre que, também por essa razão, são utilizados com maior ou menor frequência e que têm implicações no desempenho humano, mas com muito maior acutilância, por razões óbvias, nos tripulantes de aviões de elevadas performances.

5.2.1 Descongestionantes

A maioria dos medicamentos para as constipações possui descongestionantes que são estimulantes e têm o feito primário de contrair as mucosas inflamadas, desobstruindo assim as fossas nasais. Nalguns medicamentos, por vezes, vêm também associados anti histamínicos e analgésicos. Estes compostos têm efeitos secundários de variada ordem, como sejam, tremores, aumento do ritmo cardíaco, perturbações nervosas, dilatação do globo ocular, descoordenação motora, náuseas, perturbações visuais e dores de cabeça.

5.2.2 Anti histamínicos

Estes medicamentos usam-se normalmente para diminuir o congestionamento nasal, resultante de constipações e alergias e integram um conjunto de drogas, conhecidas como depressoras do sistema nervoso central e cujos efeitos secundários mais comuns são a sonolência, a diminuição dos tempos de reacção e a diminuição dos níveis de atenção. Se paralelamente for consumido álcool ou qualquer outro depressor do sistema nervoso central, o efeito sinérgico daqui decorrente irá aumentar exponencialmente o efeito depressor cujos resultados serão tonturas, vertigens, nervosismo, descoordenação motora, tensão muscular e tremuras.

5.2.3 Vasoconstritores

Estas drogas apresentam-se normalmente em forma de sprays ou gotas e aplicam-se no nariz, visando contrair as veias e capilares do nariz e seios perinasais, de forma a diminuir a inflamação e possíveis edemas. Têm dois tipos de inconvenientes: um imediato e outro a longo prazo. No primeiro caso, quando tomados antes do voo, podem vir a provocar dores de cabeça, tremores, visão enevoada e tonturas, correndo ainda o risco do efeito passar mesmo antes da descida e provocar por essa via bloqueamentos nos seios perinasais ou até nos ouvidos; e no segundo caso, com a continuação provocarão alterações na mucosa com sintomatologia mais severa em futuros episódios e maior quantidade de secreção.

5.2.4 Analgésicos

Os mais comuns são a aspirina, o acetaminofeno (paracetamol) e o ibuprofeno e são tomados normalmente para combater dores ligeiras, dores de cabeça e a febre. Os dois primeiros podem causar irritação do estômago como efeito secundário. O terceiro é um pouco mais tóxico e pode causar tonturas, erupções cutâneas, azia, perturbações gastro intestinais e visão enevoada. A aspirina se tomada com regularidade também começará a provocar efeitos secundários adversos. Em conclusão, não se deve abusar de nenhum destes fármacos indiscriminadamente.

5.2.5 Medicamentos para emagrecer

Paradoxalmente estes medicamentos contêm as mesmas drogas que a maioria dos descongestionantes, logo são estimulantes fortes que possuem efeitos secundários indesejados como tremuras, agitação, aumento da pressão arterial e do ritmo cardíaco, desidratação e perturbações do sono. Se com estes medicamentos for consumida cafeína então obtém-se um efeito sinérgico com aumento exponencial da pressão arterial e da desidratação.

5.3 Consumo de álcool

Seguramente o álcool é uma das mais antigas drogas conhecidas que se engloba na categoria de depressores do sistema nervoso central. É absorvido ao nível do estômago e do tracto superior do intestino delgado e distribuído através do sistema circulatório. Rapidamente atinge todos os órgãos do corpo humano, sendo o cérebro e os tecidos nervosos especialmente susceptíveis pela sua profusa irrigação. Ao ser absorvido pelas células o metabolismo celular é comprometido e verifica-se uma situação de hipoxia histotóxica.

No imediato isto resulta em mau funcionamento do cérebro, afectando a capacidade de raciocínio e de julgamento. Verificam-se alterações comportamentais e fisiológicas importantes e mais ou menos graves. Relativamente às primeiras há uma redução das inibições, redução de performance e da capacidade de decisão, alterações comportamentais bruscas e inclusivamente sensação de imortalidade. Em relação às segundas há degradação das capacidades motoras e sensoriais, diminuição da acuidade visual, diminuição da sensibilidade, perda de equilíbrio e degradação na capacidade de comunicação.

Com especial relevância para os tripulantes de aeronaves há outros dois efeitos a considerar. O álcool altera a densidade da endolinfa que circula nos canais semicirculares, aumentando as probabilidades de ocorrência de desorientação espacial e enjoo. Adicionalmente o álcool interfere também nos padrões normais do sono, propiciando a fadiga tanto mental como física, o que leva à diminuição da capacidade de concentração e limita consideravelmente o desempenho e a capacidade de resposta.

Os efeitos do álcool perduram no tempo pois a sua eliminação dos tecidos do organismo é lenta e gradual e nessa medida dependem das quantidades ingeridas. Essa eliminação é feita em parte (menos de 10%) pelos pulmões e pelos rins e a sua maior parte (90%) pelo fígado. Num espécimen saudável em média são eliminados 9,8 ml de álcool por hora. Contrariamente ao que muita gente pensa, o metabolismo do álcool não pode ser acelerado por nenhum método ou medicamento. Como regra, para todos os tripulantes nenhuma quantidade de álcool pode ser ingerida até 12 horas antes de qualquer actividade aérea. Isto não quer dizer que mesmo assim seja seguro ir voar, pois podem perdurar efeitos secundários para lá desse período de tempo, como sejam dores de cabeça ou outros sintomas idiossincrásicos que recomendam a abstinência de toda e qualquer actividade aérea.

A ingestão de álcool tem um efeito diurético que provoca desidratação, a qual, em conjugação com a hipoglicemia (que trataremos adiante) e a hipoxia histotóxica criam um tal estado de debilidade que apenas através do descanso, de uma dieta equilibrada e da

ingestão de generosa quantidade de água a recuperação é possível. Não existem soluções expeditas ou de recurso! O álcool não é compatível com a actividade aérea! Existem estudos que comprovam que os efeitos da altitude potenciam sinergicamente os efeitos do álcool, originando sintomatologia que não seria experimentada ao nível do solo para a mesma quantidade de álcool ingerida.

5.4 Tabagismo

Este é um tema da actualidade, com diversos governos a legislar no sentido de restringir o fumo em locais públicos e criando medidas diversas administrativas, fiscais e outras cuja única finalidade é desencorajar o uso do tabaco.

O consumo de tabaco expõe o organismo aos efeitos da nicotina e do monóxido de carbono para além de outros subprodutos resultantes da queima, tanto do próprio tabaco como do papel que o contém.

A nicotina é uma droga bastante tóxica e que causa habituação. Ao ser inalada, através do fumo do tabaco, passa rapidamente para a corrente sanguínea e atinge o cérebro em cerca de 8 segundos. Os efeitos desta droga numa pessoa sem habituação ou tolerância são o aumento da pressão arterial e do ritmo cardíaco, as tremuras, a náusea, os vómitos, a salivação acrescida, os suores frios, a dor de cabeça, as tonturas, as perturbações auditivas e visuais, a confusão mental e a debilidade generalizada. A nicotina é um depressor do sistema nervoso central mas quando combinada com a cafeína actua como estimulante.

A queima do tabaco liberta cerca de 4000 componentes químicos que são inalados, alguns comprovadamente cancerígenos, contudo para o efeito deste estudo aquele que provoca efeitos adversos imediatos é o monóxido de carbono que, como já vimos atrás, se combina com a hemoglobina do sangue de modo muito fácil e mais rápido que o oxigénio, ocupando o lugar deste e criando uma condição de hipoxia hipémica. Assim, por esta via, o tabaco reduz a tolerância à altitude e diminui o desempenho dos tripulantes.

5.5 Nutrição e hipoglicémia

O organismo para funcionar consome nutrientes que adquirem a forma de um açúcar, designado por glucose resultante do processo digestivo e que através da corrente sanguínea, é levado aos órgãos e tecidos que dele necessitam, sendo o excedente não consumido no momento, armazenado no fígado sob a forma de glicogénio. Se os tripulantes não se alimentarem correctamente, rapidamente consomem as reservas do fígado pois o esforço que lhes é exigido aumenta terrivelmente o consumo deste açúcar e alimento. É vital, por tal, manter uma concentração adequada de glucose na corrente sanguínea. Quando ocorre um estado deficitário, designado por **hipoglicémia**, a resposta do organismo humano vai-se debilitando progressiva e rapidamente, podendo culminar em

desmaio. Este efeito evita-se com uma alimentação equilibrada em proteínas, gorduras e hidratos de carbono e fundamentalmente não deixando de tomar refeições. Alguns sintomas característicos da hipoglicemia são irritabilidade, debilidade e fraqueza generalizadas, tremuras e capacidade de raciocínio reduzida que aparecem normalmente entre 4 a 6 horas depois da última refeição. Quando o cérebro, neste caso do aviador, não recebe a quantidade de açúcar de que precisa começa a funcionar mais lentamente e surgem erros de cálculo, saltam-se passos de checklist, falham-se comunicações rádio, fica-se desatento e cometem-se erros de percepção. É importante recordar que as proteínas contribuem principalmente para formação óssea e de massa muscular e que os hidratos de carbono são boas fontes de energia que se convertem facilmente em glucose. Ambos devem estar presentes numa refeição equilibrada.

5.6 Desidratação

A desidratação, à semelhança da hipoglicemia, contribui decisivamente para a fadiga, existindo vários graus de desidratação a que correspondem distintos sintomas. Se a combinarmos com o ambiente agressivo de um cockpit de uma aeronave de combate de elevadas performances potenciamos exponencialmente o risco de aparecimento de desorientação espacial, de ilusões visuais, de náuseas e dos efeitos adversos da variação da pressão.

O primeiro e mais característico sintoma de desidratação é a sensação de sede e quando isso acontece teremos atingido um nível de desidratação de 2%, isto é, sabendo que a constituição do nosso organismo são mais de 70% de água e para um peso médio de 75 Kgs, falta-nos cerca de 1,5 Lts de água. Se formos voar nestas condições o ambiente dentro de um cockpit pressurizado com ar condicionado e desumidificado contribuirá fortemente para acelerar o processo de desidratação. A humidade relativa dentro de um cockpit pressurizado ronda os 10% ora isto faz com que através da respiração percamos vapor de água a um ritmo muito mais elevado que o normal. Se atingirmos um nível de desidratação de 3% surgem sintomas como sonolência, náuseas, confusão mental e fadiga generalizada.

A desidratação diminui a capacidade de resistência e de execução de esforço físico, logo por essa via também torna menos eficiente a manobra anti-G, reduzindo a tolerância individual. Os pilotos de aviões de elevadas performances, mais do que todos os outros, devem desenvolver hábitos de consumo regular de generosas quantidades de água. Não nos podemos esquecer que a somar a tudo o que foi dito há ainda o facto de na maioria das missões o esforço físico dispendido provocar farta sudção que implica ainda mais perda de água.

5.7 Fadiga

Fadiga não é mais que um estado de diminuta eficácia mental e física. Para os pilotos torna-se desafortunadamente insidiosa pois aparece numa fase inicial apenas a nível mental e só em seguida aparecerá a nível físico.

Podemos dividir a fadiga em dois tipos: **aguda** e **crónica**. A primeira resultante das tarefas diárias normais pode resolver-se com descanso e uma noite bem dormida. A segunda, resultante da acumulação de várias condições de fadiga aguda, em que não foram tomadas medidas correctivas atempadas, é de mais difícil resolução. Apenas alguns exemplos para entendermos melhor como é fácil passar de uma para a outra: sucessivos voos nocturnos com interrupção dos padrões normais de sono, alterações frequentes do ritmo circadiano, missões consecutivas com intervalos reduzidos para descanso; doença inesperada. São múltiplas as situações potencialmente geradoras de fadiga e os pilotos devem saber reconhecê-las antes que ocorram.

5.8 Ritmo Circadiano

O Homem é influenciado pelo meio ambiente e tende a regular toda a sua actividade num ciclo entre o dia e a noite com a duração aproximada de 24 horas. Este funcionamento cíclico inclui variações de temperatura do corpo, alterações do ritmo cardíaco, alterações de metabolismo e de produção de hormonas. Todos estes factores contribuem para regular os ciclos de sono e de alerta e influenciam directamente o desempenho humano. Estes ciclos de 24 horas repetem-se ao longo do tempo, porém quando são interrompidos geram stress e fadiga.

O ritmo circadiano pode ser alterado basicamente de duas maneiras: alteração dos períodos de sono com voos nocturnos tanto ao principio da noite como de madrugada, de forma repetida e por voos transmeridianos com mudança de diversos fusos horários, efeito vulgarmente conhecido por “jet lag”, em que por cada fuso transposto será normalmente necessário um dia de recuperação, sendo esta mais difícil quando se voou para Este.

As alterações impostas ao ritmo circadiano têm influências nefastas sobre todos os pilotos e muito mais ainda sobre aqueles de aeronaves tão exigentes como as em apreço neste trabalho. Elas diminuem a capacidade de processar informação e a agilidade mental, dificultam todo o processo de tomada de decisões, a comunicação e a resolução de problemas e aumentam a irritabilidade. A palavra de ordem para enfrentar estes problemas é descanso e, se necessário se tornar, evitar a actividade aérea até estar recuperado.

Como já vimos a direcção do voo tem alguma influência, sendo menos agressivo em direcção a oeste. No entanto existem outros factores que condicionam as alterações do ritmo circadiano: quantidade de fusos horários atravessados (normalmente um dia de

adaptação por cada um); intervalo entre aterragem e descolagem do próximo voo (quanto mais reduzido, menos margem para descanso e readaptação); grau de exigência ou dificuldade do próximo voo (voos de especial exigência, voos a baixa altitude, reabastecimento aéreo nocturno, tiro ar/ar ou ar/solo, treino de combate simulado).

5.9 Como combater a fadiga e o stress

A principal regra, sabendo que se vai enfrentar um período de maior solicitação, é o descanso. Uma sesta não superior a duas horas é recomendada antes de um voo nocturno e entre voos sucessivos, evitando naturalmente qualquer consumo de tabaco e álcool e mantendo sempre um bom nível de hidratação. Vejamos um conjunto de outras regras: não ingerir refeições pesadas antes do voo, é preferível um número maior de refeições e mais ligeiras; em voo, antecipar as manobras ou procedimentos de maior complexidade e revê-las seja mentalmente seja através do checklist ou notas do piloto.

Como regra de ouro, antes de dar início a qualquer tipo de actividade aérea, cada piloto deve observar um período de descanso de 12 horas, em que 8 delas sejam de ininterrupto repouso.

Vejamos para o stress, propriamente dito, o que temos ao nosso alcance. Na actividade aérea tem de se saber identificar o stress e aprender a geri-lo pois só assim podemos tirar algum benefício dele. O stress pode ajudar na motivação e é normalmente um bom indicador de quando estamos preparados para responder às solicitações mais fortes, através do aumento da batida cardíaca e do ritmo respiratório, favorecendo assim a oxigenação dos tecidos e órgãos, preparando-os para o “combate”. O segredo está em conseguir gerir um adequado nível de stress pois se for demais começa a ter os efeitos adversos que vimos atrás.

O ser humano tem um mecanismo natural que ajuda a responder a situações de crise. Por exemplo quando confrontado com uma emergência grave e sempre inesperada dá-se início a um processo psicofisiológico involuntário. Há produção de adrenalina que é libertada na corrente sanguínea, aumentando o ritmo cardíaco e a acuidade visual, parando a digestão e direccionando o sangue para os músculos mais volumosos, entre uma série de outros efeitos, todos eles conducentes ao mesmo fim – preparar o tripulante para enfrentar uma qualquer ameaça.

Partindo do princípio que o stress existirá sempre, podemos neste ponto afirmar que o mesmo tem que ser controlado caso contrário será ele a controlar-nos. Vejamos então alguns mecanismos ao nosso alcance para atingir esse desiderato:

- Manter uma saudável diversidade na condução do dia a dia;
- Eliminar todos os tipos de stress auto imposto;

- Prosseguir um programa de treino físico dirigido e equilibrado, contemplando as duas vertentes: aeróbica e anaeróbica.

5.10 Situação na Força Aérea Portuguesa

A FAP nesta disciplina (stress nas suas diversas formas) ainda tem pouca regulamentação e seria importante, à semelhança do que já existe para o descanso das tripulações (Anexo B), criá-la para o consumo de determinadas substâncias.

Os diversos manuais de fisiologia de voo alertam para os problemas, advertem dos perigos, aconselham mas não regulam. Somos da opinião que a auto medicação, o consumo de álcool e a prevenção da hipoglicemia deveriam ser objecto de regulamentação ao nível do Comando Operacional da Força Aérea (COFA). A Regulamentação não implica proibição mas, como o próprio nome diz, regula e impõe regras.

Vejamos alguns exemplos do que pode ser regulado: que analgésicos podem ser tomados sem ida ao médico; qual o período mínimo de abstinência de álcool antes de ir voar (12 horas na Força Aérea dos Estados Unidos da América) para além do descanso; quantas horas de sono continuado; que tipos de actividades estão proibidas antes do voo e por quantas horas; proibição absoluta de ir voar em jejum ou sem ingestão de alimentos há mais de seis horas. Esta é uma área, cujo aconselhamento do CMA, será de crucial importância, dados os múltiplos aspectos de carácter médico a ter em conta.

A regulamentação conferirá um carácter de obrigatoriedade ao cumprimento do estatuído, ao passo que o aconselhamento nos manuais de fisiologia, deixando ao livre arbitrio dos tripulantes a adesão ou não a estas regras essenciais, não permite impor e sancionar os hipotéticos infractores, dando espaço para que, por esta via, facilmente transitem do estatuto de infractor para o de baixa confirmada.

Síntese Conclusiva

Conforme se pode ler nos diversos relatórios de acidentes de aviação, a maioria dos mesmos devem-se a erro humano. O stress auto imposto representa um grande contributo para os erros cometidos pelos tripulantes, pois conjuntamente com o stress ambiental diminui drasticamente a capacidade de resposta humana. Os stresses auto impostos mais significativos são a auto medicação, o álcool, o tabaco, a hipoglicemia e a desidratação. Cada um deles contribui para a fadiga que, por sua vez, tem influência directa sobre a incidência de desorientação espacial, ilusões visuais e perda de consciência devido aos G's, fadiga essa que pode também resultar de alterações ao ritmo circadiano.

Podemos controlar ou evitar o stress observando os períodos de descanso recomendados, intercalando tempos de lazer, cultivando hábitos de vida saudáveis e dando atenção aos aspectos do quotidiano que nos possam estar a preocupar, resolvendo-os. As

solicitações deste tipo de aeronaves são incompatíveis com o stress emocional. Se subsistirem problemas de índole pessoal por resolver será melhor não voar.

Podemos minimizar ou até eliminar o stress auto imposto, porém noutros tipos de stress como a fadiga não temos por vezes intervenção possível ao nosso nível, tais são as exigências das missões e o seu número. Só indirectamente podemos actuar, por isso além de evitar o stress auto imposto devemos prosseguir um programa de treino físico dirigido e adequado aumentando por essa via a nossa tolerância não só à fadiga mas também aos G's positivos e à desorientação espacial. Devemos privilegiar as duas vertentes do exercício, aeróbica que melhora o desempenho dos sistemas cardiovascular e respiratório e anaeróbica que melhora o desempenho muscular.

A regulamentação, para os tripulantes de voos em aeronaves de elevada *performance*, de certas actividades continuadas ou precedentes do mesmo, ressalta como uma potencial melhoria na FAP para o combate a todas as formas de stress, minimizando os seus efeitos adversos.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Há três tipos de forças de aceleração que condicionam o voo em aviões de alta performance, a linear, a radial e a angular. É a aceleração angular, em que se verifica mudança de direcção e velocidade, a responsável pelas chamadas forças G. Estas forças afectam o corpo humano e dependem directamente da intensidade, duração de exposição, razão de aplicação, direcção e área do corpo exposta. Dos vários tipos de G's, a que os pilotos estão sujeitos, são os positivos que, pela sua frequência e intensidade, mais problemas e dificuldades levantam. Destacam-se como efeitos mais perversos a diminuição de mobilidade, as perturbações visuais e a inconsciência. Todos os pilotos lutam por níveis cada vez mais elevados de tolerância aos G's positivos mas para isso é necessário intervir nas três áreas possíveis: nos equipamentos de voo, no próprio organismo humano e na aeronave propriamente dita. O fato anti-G fornece alguma protecção, a manobra anti-G quando correctamente efectuada permite adicionar mais alguma protecção e, por último a concepção das aeronaves pode também contribuir em maior ou menor grau para a tão desejada tolerância. Nesta matéria seria de vital importância introduzir um conceito novo, ainda não explorado, o conceito de cadeira adaptativa cuja inclinação iria variando à medida que o número de G's fosse aumentando. Esta funcionalidade levaria os pilotos para o limiar dos 12 G's positivos, valores por enquanto impossíveis. A juntar a tudo isto é fundamental a adesão a um programa de treino físico orientado que garanta a desejada forma física do tripulante.

As actuais aeronaves de combate e de treino manobram segundo os três eixos com velocidades e acelerações de tal ordem que expõem, por isso mesmo, os seus pilotos a situações de desorientação espacial que pode ser reconhecida, não reconhecida e incapacitante. Neste último caso pode verificar-se perda da aeronave e por vezes do tripulante também. São três os sistemas responsáveis pelo nosso equilíbrio: o visual, o vestibular e o proprioceptivo, sendo o visual aquele que fornece informações mais fidedignas e para o qual devemos tentar reverter sempre que possível, quando sujeitos a desorientação espacial. Os canais semicirculares e os órgãos otólitos, que compõem o sistema vestibular, são os maiores responsáveis pelas situações de desorientação espacial. Especialmente sensíveis a acelerações lineares e angulares, estes transmitem por vezes ao cérebro indicações erróneas, quando as referências visuais disponíveis são poucas ou inexistentes. De todas as ilusões conhecidas a *ilusão de coriolis* é uma das mais perigosas e resulta do estímulo simultâneo de vários canais semicirculares dando ao piloto a sensação falsa de estar a movimentar-se tridimensionalmente.

A transição entre voo visual e por instrumentos, variações de pressão no ouvido médio, a configuração do *cockpit* são apenas alguns dos factores que afectam a desorientação espacial. Para minimizar os seus efeitos devemos reverter tão cedo quanto possível para voo por instrumentos, acreditando neles contra as sensações contraditórias que possamos estar a experimentar, encostar a cabeça no encosto, procurar manter a linha de voo, passar os comandos a outro tripulante se existir e em último recurso abandonar a aeronave. Aqui também é fundamental que a ergonomia do *cockpit* e a disposição dos diversos equipamentos de utilização mais frequente seja de forma a exigir a menor movimentação da cabeça possível para os operar, isto é, tudo deve estar bem à frente e ao alcance fácil do piloto e nada lateralmente. A engenharia deve recorrer a instrumentação de capacidade múltipla e intermutável de forma que tudo acabe por ser visualizado frontalmente e sem necessidade de mover a cabeça, recorrendo inclusivamente a novas tecnologias já existentes que permitem até projectar toda a informação de voo na viseira do capacete do piloto. Podemos assim afirmar que a primeira hipótese levantada se encontra validada, isto é, as áreas do organismo humano mais afectadas, pelo voo em aviões de alta performance, são os sistemas: circulatório, respiratório, visual, vestibular e proprioceptivo.

O organismo humano é bastante susceptível às variações da pressão atmosférica, as quais provocam alterações de volume dos gases, localizados dentro de cavidades como os ouvidos, os seios perinasais, o aparelho digestivo e os dentes. Os dois primeiros dão problemas durante a descida pois na subida a equalização das pressões costuma ser fácil. Há hoje várias técnicas praticadas para facilitar esta equalização, como deglutir ou bocejar

repetidamente, porém é a manobra de valsalva (tentar a expiração contra uma glote fechada com o nariz apertado) que ajuda a resolver alguns destes problemas. A regra de ouro consiste em nunca deixar o diferencial de pressão aumentar ao ponto de provocar danos que podem mesmo vir a ser definitivos como uma ruptura de tímpano.

Os dentes e o aparelho digestivo dão problemas na subida com a expansão dos gases. No caso dos dentes, nada há a fazer senão descer, aterrar e ir a uma consulta de especialidade. No caso dos gases no tracto gastrointestinal podem surgir dores violentas se o piloto não for capaz de expulsá-los a tempo.

Para além destes, existem ainda outros problemas mais complexos e limitativos como seja a redução da pressão parcial de oxigénio durante a subida que faz escassear este gás vital à sobrevivência e que pode levar os pilotos à inconsciência em poucos segundos. Genericamente este fenómeno designa-se por hipoxia que tem várias cambiantes e depende de inúmeros factores. Para combater os efeitos adversos resultantes da falta de oxigénio há que, em primeiro lugar, conduzir testes frequentes ao equipamento na busca de possíveis fugas, seguindo aliás os passos descritos nos *checklists*. Em segundo lugar, conhecer os sintomas individuais e aprender a identificá-los rapidamente, sendo fundamental para esse fim o treino em câmara hipobárica. E em terceiro lugar, embora não necessariamente por esta ordem, manter uma boa forma física geral com treino permanente e adequado e prosseguir bons hábitos alimentares e de saúde em geral, diminuindo por esta via a incidência dos variados efeitos adversos da variação da pressão atmosférica. A segunda hipótese levantada no início do trabalho dá-se assim também por validada, pois os efeitos da variação da pressão no organismo humano constituem-se num factor limitativo da operação e potencial provocador de acidentes.

O erro humano, decorrente de uma multiplicidade de factores, é a causa mais frequente de todos os acidentes. O stress auto imposto em conjugação com o stress ambiental é o principal contributo para a ocorrência destes erros. Os stresses auto impostos mais significativos são a auto medicação, o álcool, o tabaco, a hipoglicemia e a desidratação. Todos contribuem para a fadiga com influência directa nas tolerâncias às diversas solicitações do tipo de voo em apreço. A fadiga pode igualmente ser resultado de alterações ao ritmo circadiano.

O stress de uma forma geral pode ser combatido através da observância dos períodos de descanso recomendados, intercalando tempos para lazer, cultivando hábitos de vida saudáveis e dando atenção, no sentido de resolvê-los, aos aspectos do quotidiano que constituam motivo de preocupação. Sempre que hajam problemas do foro pessoal não resolvidos, passíveis de interferir com o desempenho, é fundamental não voar. Se, por um

lado, não conseguimos por vezes intervir nos níveis de fadiga impostos pelas exigências e número de missões a executar, por outro lado está ao nosso alcance evitar o stress auto imposto, é então aí que devemos actuar. Nesta perspectiva é pois fundamental prosseguir um programa de treino físico adequado e orientado, aumentando a tolerância não só à fadiga mas também aos G's, privilegiando as duas vertentes, aeróbica e anaeróbica. A primeira melhorando o desempenho dos sistemas cardiovascular e respiratório e a segunda melhorando o desempenho muscular. Em resumo, o stress auto imposto constitui-se num factor determinante para o sucesso ou insucesso da missão o que permite assim validar a terceira e última hipótese levantada no início deste trabalho.

No que à FAP diz respeito, apesar das medidas em vigor se considerarem, em geral, adequadas, foram elencadas um conjunto de melhorias por áreas de intervenção, que se apresentam no Apêndice E e que vão desde a inclusão de ginásios nas Esquadras de Voo à regulamentação de certas actividades continuadas ou antecedentes do voo dos tripulantes de aviões de alta *performance*.

A inclusão, no programa de actividades das Esquadras, de treino físico regular, supervisionado e com autoavaliação, o incremento do treino em simulador com vista a aumentar a proficiência e à vontade no voo por instrumentos, o treino anual em câmara hipobárica com experiência assistida dos sintomas subjectivos da hipoxia e a promoção de acções de divulgação periódica sobre estas matérias por parte da IGFA/GPA e CMA/STF, são outras das medidas, identificadas como conducentes a uma melhoria na redução do impacto, provocado pelo voo em aviões de alta performance, no organismo humano dos tripulantes da FAP.

Como nota de fecho diria que o binómio máquina homem nestes tipos de aeronaves tem que funcionar como um todo e em perfeita sintonia e nesse sentido são comparáveis a uma peça de relojoaria fina e complexa onde todos os balancetes e engrenagens têm que funcionar irrepreensivelmente senão o relógio pára.

IESM, 22 de Março de 2007

João José Carvalho Lopes da Silva
Coronel Piloto Aviador

BIBLIOGRAFIA

- BENSON, A. J. (1998). *Spatial Disorientation – General Aspects, Aviation Medicine*. London: J. Ernsting & P. King, Butterworth
- CAMPBELL, R. D., BAGSHAW, M. (1991). *Human Performance and Limitations in Aviation*. Cambridge: BSP Professional Books.
- COLIN, J. et al. (1990). *Medicine Aerospatiale*. Paris: Expansion Scientifique Française.
- DEHART, Roy L. (1996). *Fundamentals of Aerospace Medicine*. 2nd ed. Philadelphia: Williams & Wilkins
- ERCOLINE, William R., PREVIC, Fred H. (2004). *Spatial Disorientation in Aviation*. [S.l.]: General Dynamics Advanced Information Systems & Northrop Grumman Information Technology
- FAP. 1979. RFA 351-1(A) *Regulamento do Serviço Aéreo*. Lisboa: EMFA/3ªDiv
- FUNK, C.S. (1995). *Human Factors in Flight*. Aldershot, UK / Brookfield, USA: Avebury Aviation
- GILLINGHAM, Kent k., WOLFE, James W. (1986). *Spatial Orientation in Flight*. Brooks Air Force Base: USAF School of Aerospace Medicine
- GREEN, Roger G. et al. (1994). *Human Factors for pilots*. Aldershot, UK: Avebury Aviation.
- GREEN, Roger G. et al. (1996). *Human Factors for Pilots*. 2nd ed. Hants, England: Avebury Aviation.
- GUYTON, Arthur C., HALL, John E. (2002). *Tratado de fisiologia médica*. 10^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- HOSMAN, R. J. A.W. (1996). *Pilot's perception and Control of Aircraft Motion*. Delft: Delft Univ. of Technology
- JEPPESEN. 2001. *040 Human Performance & Limitations*. 2nd ed. Frankfurt: Jeppesen GmbH.
- MAURINO, D.E. et al. (1995). *Beyond Aviation Human Factors*. Aldershot, UK / Brookfield, USA: Avebury Aviation
- NATO. (1990). *High G Physiological Protection Training: AMP Working Group 14*. Neuilly-sur-Seine: NATO AGARD
- NATO. (1999). *Aeromedical Aspects of Aircrew Training: Research and Technology Organization meeting proceedings 21*. Neuilly-sur-Seine: NATO RTO
- ORLADY, Harry W., ORLADY, Linda M. (1999). *Human Factors in multi-crew flight operations*. [S.l.]: Ashgate Publishing Ltd.

- PARSA, B. B., KAPADIA, A. S. (1997). *Stress in Air Force Aviators Facing the Combat Environment*. Aviat Space Environ Med., No. 12, p. 1088-92
- PETERS, Richard A. (1969). *Dynamics of the vestibular system and their relation to motion perception, spatial disorientation, and illusions*. Washington: National Aeronautics and Space Administration.
- PREVIC, Fred H., ERCOLINE, William R. (2004). *Spatial Disorientation in Aviation*. San Antonio, Tx: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.
- RADA, M. A. (1998). *Medication and Flying: "Pros and Cons" from an aeromedical point of view. A Roadmap to the year 2000. Proceedings of the Conference on Aviation Medicine*. Prague: NATO
- RADA, M. A., SULC, J., DVORAK, A. (1994). *Medication in the Course of Active Flying Duty: Proceedings of AGARD Meeting CP-533*. Palma de Mallorca: NATO
- ROTONDO, Gaetano (1990). *Medicina Aeronautica*. Roma: Istituto Bibliografico Napoleone.
- STOKES, Alan, KITE, Kirsten (1994). *Flight Stress: Stress, Fatigue, and Performance in Aviation*. Hants, England: Avebury Aviation.
- WELCH, H., ALBERY, W., BLES, W. (2001). *Physiological Consequences: Cardiopulmonary, Vestibular and Sensory Aspects; Human Consequences of Agile Aircraft*. Neuilly-sur-Seine: NATO RTO
- WIENER, Earl L., NAGEL, David C. (1988). *Human Factors in Aviation*. [S.l.]: Academic Press.

NORMAS

- ISO 690. 1987, Norma Internacional. Documentação: *Referências Bibliográficas: Conteúdo, Forma e Estrutura*. Genebra: Organização Internacional de Normalização.
- NEP n.º DE 218. 2006, *Trabalhos de Investigação*. Lisboa: IESM.
- NP 405-1. 1994, Informação e Documentação. *Referências bibliográficas: documentos impressos*. Lisboa: IPQ.
- NP 405-2. 1998, Informação e Documentação. *Referências bibliográficas: material não livro*. Lisboa: IPQ.
- NP 405-3. 2000, Informação e Documentação. *Referências bibliográficas: documentos não publicados*. Lisboa: IPQ.
- NP 405-4. 2002, Informação e Documentação. *Referências bibliográficas: documentos electrónicos*. Lisboa: IPQ.

SITIOS NA INTERNET

Aviation, Space, and Environmental Medicine [em linha]. Alexandria: Aerospace Medical Association (2006). [referência de 2 de Dezembro de 2006] Mensal. Disponível na internet em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem>>.

DUARTE, José, CORREIA, Rui, SILVEIRA, Simão. Revista Militar. *Medicina Aeronáutica: Uma Componente Aérea da Saúde Militar* [em linha]. Outubro 2006 [referência de 2 de Dezembro de 2006]. Disponível na internet em: <<http://www.revistamilitar.pt/modules/articles/article.php?id=120>>

Manual Merck de saúde para a família [em linha]. Merck & Co., Inc. (1997). [referência de 21 de Dezembro de 2006]. Disponível na internet em: <<http://www.manualmerck.net/>>

Revista Brasileira de Otorrinolaringologia [em linha]. Associação Brasileira de Otorrinolaringologia (2006). [referência de 21 de Dezembro de 2006] Bimensal. Disponível na internet em: <<http://www.rborl.org.br/portugues/default.asp>>

WIKIPEDIA, The Free Encyclopedia. *Aerospace Physiology* [em linha]. Outubro 2006 [referência de 2 de Dezembro de 2006]. Disponível na internet em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Aerospace_physiology>

ENTREVISTAS

Exmº Coronel Médico José Maria Gouveia Duarte

Director do Centro de Medicina Aeronáutica (CMA) da FAP

Em 12 de Dezembro de 2006

Exmº Tenente Coronel Navegador Eduardo Augusto Soares Silva Ramos

Chefe da Secção de Treino Fisiológica (STF) do CMA

Em 16 de Novembro de 2006

Exmº Tenente Coronel Piloto Aviador Paulino José da Silva Honrado

Comandante da Esquadra 301 “Jaguares” equipada com F-16

Em 24 de Novembro de 2006

Exmº Major Piloto Aviador João Carlos de Bastos Jorge Gonçalves

Comandante da Esquadra 201 “Falcões” equipada com F-16

Em 24 de Novembro de 2006

Apêndice A : Glossário de Conceitos

Aceleração – Variação da velocidade por unidade de tempo e é geralmente expressa em metros por segundo quadrado (m/s^2) ou pés por segundo quadrado (ft/s^2). Sempre que se altera a velocidade ou a direcção ou mesmo ambas há aceleração. (Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>).

Acrobacia aérea – Designação dada ao voo acrobático envolvendo manobras efectuadas intencionalmente e comandadas por uma aeronave em que se compreendem mudanças de atitude, mudanças bruscas de altitude e por vezes de velocidade. Com precisão só se aplica às manobras regulamentadas que representam evoluções ou figuras consideradas clássicas. (Fonte: Enciclopédia Luso-Brasileira)

Aviões de alta performance – Aviões capazes de desempenhos bem acima das capacidades humanas, isto é, altas velocidades, altas altitudes, longos raios de acção, grande autonomia, grandes acelerações, grande manobrabilidade, grande robustez estrutural, limites de G's muito elevados. De uma forma geral com relação peso potência muito perto ou mesmo superior a 1:1.

Barosinusite – comprometimento de um ou mais seios da face, de carácter agudo ou crónico, podendo vir acompanhado de processos inflamatórios/infecciosos e produzido pela diferença de pressão barométrica entre o ar da cavidade sinusal e o meio ambiente. “Revista Brasileira de Otorrinolaringologia” (1996) Vol. 62, ed. 4, Julho/Agosto (10°).

Barotite – lesão no ouvido médio causada por uma pressão desigual de ar em cada um dos lados do tímpano. “Manual Merck – De saúde para a família” secção 19, capítulo 212.

Desorientação espacial – é "não saber qual o lado que se encontra para cima". Essa condição é o resultado de certas ilusões que podem ocorrer durante o voo. Diz-se que o indivíduo que não pode determinar com precisão a direcção na qual a superfície da terra se encontra em relação à sua pessoa, sofre de "desorientação espacial". (Fonte: <http://www.flysite.com.br/>).

Fisiologia de voo – (do grego *physis* = natureza e *logos* = palavra ou estudo) é o ramo da biologia que estuda as múltiplas funções mecânicas, físicas e bioquímicas nos seres vivos. Concretamente, a fisiologia de voo estuda o funcionamento do organismo humano quando confrontado com as solicitações resultantes da actividade de voo. (Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>).

Forças G – As aeronaves de alta performance manobram com raios de volta surpreendentemente pequenos, produzindo enormes forças de aceleração que se calculam

($A=v^2/r$) dividindo o quadrado da velocidade pelo raio de volta. O valor assim obtido dividido pela força da Gravidade ($9,8m/s^2=1G$) dá-nos o número de G's. (Fonte: <http://science.howstuffworks.com/>).

Gravidade – é a força de atracção mútua que os corpos materiais exercem uns sobre os outros. Classicamente, é descrita pela lei de Newton da gravitação universal, a saber: *"Todos os objectos no Universo atraem todos os outros objectos com uma força direccionada ao longo da linha que passa pelos centros dos dois objectos, e que é proporcional ao produto das suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da separação entre os dois objectos."* Mais recentemente, Albert Einstein descreveu-a como consequência da estrutura geométrica do espaço-tempo. (Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>).

Head Up Display – sistema que projecta informações sobre parâmetros de voo ou outras igualmente importantes, num visor transparente, permitindo ao mesmo tempo a visão frontal para o exterior da aeronave.

Hiperventilação – Muitas pessoas têm episódios durante os quais sofrem falta de ar e, em consequência, respiram de maneira pesada e rápida. Estes episódios, denominados síndrome de hiperventilação, surgem mais por ansiedade do que por uma perturbação física. Muitos dos que sofrem esta síndrome alarmam-se, pensando que sofrem um enfarte do miocárdio. Os sintomas são o resultado da hiperventilação, provocada por alterações na concentração dos gases no sangue (sobretudo por um valor de anidrido carbónico inferior ao normal). O indivíduo pode sofrer uma alteração da consciência, habitualmente descrita como uma sensação de que as coisas à sua volta estão muito longe. Sente também uma sensação de formigueiro nas mãos, nos pés e à volta da boca. (Fonte: <http://www.manualmerck.net/>)

Hipoclicémia – A hipoglicemia é uma afecção em que as concentrações de açúcar (glicose) no sangue são anormalmente baixas. O organismo mantém normalmente a concentração de açúcar no sangue dentro de uma margem bastante estreita, por volta de 70 a 110 mg/dl de sangue. (Fonte: <http://www.manualmerck.net/>).

Hipoxia – Insuficiência em oxigénio (O_2) capaz de gerar dificuldades de funcionamento e desempenho. Ocorre mais frequentemente quando há falhas nos sistemas de pressurização das cabines ou nos sistemas de fornecimento de oxigénio. (Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>).

Ilusão – É "uma impressão sensorial falsa ou mal interpretada" que pode originar-se em

qualquer dos sistemas sensoriais. (Fonte: <http://www.flysite.com.br/>).

Ritmo Circadiano – O termo “ritmo circadiano” provém do Latim circa diem, que significa “por volta de um dia”. Como o próprio nome sugere este ritmo desempenha as suas funções em ciclos de 24 horas. O ritmo circadiano regula todos os ritmos do corpo desde a digestão até ao processo de eliminação, desde o crescimento ao renovar das células, assim como a subida ou descida da temperatura. Os ciclos de sono e repouso são também regulados pelo ritmo circadiano. (Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/>).

Stress – É o termo usado vulgarmente para designar o contrário de calma ou relaxamento, refere-se, em termos médicos, a um vasto conjunto de fortes estímulos externos, tanto fisiológicos como psicológicos, responsáveis por uma resposta psico-fisiológica desajustada. (Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>).

Tempo de consciência útil (TCU) – Para efeitos do trabalho em apreço, Tempo de Consciência Útil define-se como o tempo que medeia entre a diminuição drástica do fornecimento de Oxigénio e a incapacidade do tripulante para tomar decisões e executar tarefas. Não implica forçosamente a inconsciência.

Velocidade – Distância percorrida por unidade de tempo e pode medir-se em diversas unidades, como por exemplo Km/h, Knots (milhas por hora) ou metros por segundo entre outras. (Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>).

Vertigem – A vertigem consiste numa falsa sensação de movimento ou de rotação ou na impressão de que os objectos se movem ou giram, e esta situação acompanha-se, habitualmente, de náuseas e de perda do equilíbrio. (Fonte: <http://www.manualmerck.net/>).

Apêndice B : Factores que influenciam os efeitos das forças G

Magnitude – A magnitude da força exprime-se em números de G. Por exemplo um piloto que como resultado de uma manobra, aplica +6G é acelerado seis vezes a força gravitacional da Terra, isto é, $6 \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 58,8 \text{ m/s}^2$. Aqui os números de G falam por si, quanto mais elevados também mais severos serão os seus efeitos. Atente-se no caso do F-16 por ser uma aeronave do nosso inventário. Esta aeronave estruturalmente está concebida para atingir os +12G porém encontra-se limitada através de programação dos seus computadores de bordo a +9G por razões de segurança que se prendem com as capacidades humanas dos seus tripulantes.

Duração da exposição – A duração da exposição à força é fundamental para avaliar os efeitos da mesma sobre o corpo humano. O exemplo mais comum consiste em saltar de uma mesa para o chão, o impacto resulta numa força de aproximadamente +14G todavia aplicados apenas numa fracção de segundo, geralmente não provocam qualquer efeito adverso. No entanto se estivermos expostos a essa mesma força por dois segundos apenas ou mais podemos até atingir o estado de inconsciência sem sequer ter antes os outros sintomas.

Razão de aplicação – A razão de aplicação da força é expressa em números de G's por segundo (G/seg) e é determinante nos efeitos por ela provocados. Para melhor compreendermos esta questão imagine-se um vaso primeiro colocado suavemente sobre um pé e depois deixado cair sobre o mesmo pé. Os efeitos provocados no segundo caso, pese embora o vaso tenha sempre a mesma massa e peso, são drasticamente mais intensos que no primeiro caso. Isto fica a dever-se à diferença entre a razão de aplicação e a resultante de força de inércia. Assim em média o tempo que demora a surgir um sintoma visual, por exemplo a visão cinzenta, na exposição a G's positivos é tanto mais longo quanto menor for a sua razão de aplicação, isto para baixas e moderadas forças G, bem entendido.

Direcção de aplicação – A direcção de aplicação da força pode ser em qualquer dos três eixos “x”, “y” ou “z” e em cada um deles nos dois sentidos possíveis, assumindo sinal positivo ou negativo de acordo com o sentido de aplicação, conforme aliás foi já explicado anteriormente, por motivos de sistematização. Como referido a direcção de aplicação da força G que mais problemas nos levanta e a que por isso mesmo devemos dedicar mais atenção é aquela segundo o eixo “z” e no sentido da cabeça para os pés que

designámos por +Gz ou G's positivos genericamente falando, desprezando os eixos "x" e "y".

Área do corpo exposta – A área do corpo humano exposta à força tem também influência sobre os efeitos da mesma. Atente-se por exemplo no que acontece se tentarmos caminhar em neve fresca sem as conhecidas "raquetes" nos pés, enterramo-nos claro, porém com elas conseguimos caminhar à superfície. A mesma força, neste caso o nosso peso, aplicada a uma área maior tem menos efeitos por isso já não nos enterramos ao utilizar as tais "raquetes". É também essa em certa medida uma das razões porque toleramos melhor as força G aplicadas segundo os eixos "x" e "y" onde a área de aplicação é bastante maior do que segundo o eixo dos "z".

Apêndice C : Sistema Vestibular

O sistema vestibular encontra-se no ouvido interno e subdivide-se em dois: os **canais semicirculares** e os **órgãos otólitos**.

Canais semicirculares

Os canais semicirculares são um conjunto de três canais dispostos em ângulos rectos entre si e segundo os três eixos, vertical, horizontal e lateral que detectam acelerações angulares. Porém para que sejam estimulados essas acelerações devem situar-se entre 2,5°/seg e 6,25°/seg.

Os canais semicirculares têm dentro um fluido chamado endolinfa que se movimenta sempre que há uma aceleração em qualquer dos eixos. Ao movimentar-se ela empurra uma estrutura gelatinosa chamada cúpula que por sua vez actua sobre uns pelos que tem por baixo de si. São estes pelos que estimulam o nervo vestibular e este que transmite os resultados ao cérebro, o qual os interpreta como uma mudança de posição ou atitude. Em repouso ou em movimento uniformemente acelerado a endolinfa está parada, logo não registando qualquer movimento. Vejamos um exemplo: ao rodarmos a cabeça para a esquerda, por força da inércia a endolinfa vai para a direita e empurra a cúpula para a esquerda, indicando ao cérebro uma volta para a esquerda. Contudo se entretanto estabilizarmos nessa mesma volta (movimento uniformemente acelerado) ao final de alguns instantes (10 a 20 seg bastam) a endolinfa pára e a cúpula volta a posição de repouso ficando o cérebro sem sensação de movimento. Se não houver referências visuais ele pensa que estamos nivelados e de asas direitas. Nesta situação vamos ter que terminar a volta e voltar ao voo nivelado e a direito, porém ao fazê-lo o cérebro vai pensar que entrámos numa volta para a direita quando no fundo o que fizemos foi colocar o avião direito.

Em terra firme os canais semicirculares são um eficiente complemento da visão para a nossa orientação e equilíbrio mas em voo podem gerar impulsos e sensações suficientemente fortes e perigosamente falsas que comprometem o controlo da aeronave. Tanto mais que pode facilmente ser estimulado mais do que um simultaneamente.

Órgãos otólitos

Os órgãos otólitos são pequenos sacos (utrículo e sáculo) que se encontram junto à base dos canais semicirculares e possuem uma área de células pilosas, chamada mácula, células essas embebidas numa substância gelatinosa e que contém cristais de carbonato de

cálcio. Quando a cabeça está direita e em repouso os cristais não se movem, porém eles são afectados pela força da gravidade, assim ao inclinar a cabeça para trás eles deslocam-se para trás dando essa mesma indicação ao cérebro que interpreta que a cabeça foi inclinada para trás. O inverso também é verdadeiro ao inclinar a cabeça para a frente.

Percebendo esta mecânica facilmente compreendemos que acelerações lineares também afectam os otólitos, pois eles não conseguem estabelecer a diferença entre estas e a da gravidade. Ora em voo e sem referências visuais, uma aceleração provoca o mesmo efeito de inclinar a cabeça para trás, logo o cérebro é essa informação que processa. Da mesma forma o inverso também é verdade. Imagine-se só o possível efeito de uma aceleração junto ao solo em que o piloto sente como uma subida pois interpreta que a cabeça se inclinou para trás e reage prontamente no sentido de baixar o nariz do avião para o repor de nível. Ora se ele já estava de nível o que vai fazer é baixar o nariz do avião em direcção ao solo. O acidente está eminente!

Apêndice D : Medicamentos – Tipos de Efeitos

Podemos classificar os efeitos dos medicamentos em quatro categorias: **primários**, **secundários**, **sinérgicos** e **idiossincrásicos**.

Efeitos **primários** são aqueles desejados e na busca dos quais o medicamento é tomado – um descongestionante nasal usa-se quando se tem o nariz entupido e é esse o efeito pretendido.

Efeitos **secundários** são aqueles indesejados mas que o medicamento também provoca – os descongestionantes nasais também podem provocar sonolência, aumento do ritmo cardíaco e visão embaçada.

Efeitos **sinérgicos** são aqueles que resultam da associação de medicamentos ou outras drogas¹ e podem ser relativos aos efeitos primários, aos secundários ou até a ambos. Nestes casos muitas vezes acontece que o resultado é inclusivamente superior à soma das partes, isto é, os efeitos da combinação de duas drogas podem ser exponencialmente aumentados. Por exemplo, os descongestionantes nasais, misturados com cafeína, vão aumentar o seu efeito estimulante de uma forma anormalmente elevada.

Efeitos **idiossincrásicos** são aqueles normalmente inesperados que, em presença de uma mesma droga ou medicamento, variam de pessoa para pessoa, como se de alergias se tratasse. Por exemplo há pessoas que ficam com erupções na pele quando comem tomate, de forma análoga há pessoas que têm uma reacção semelhante quando tomam antibióticos.

¹ **Drogas** (do [francês](#) *drogue*, ingrediente de tintura ou de substância química e farmacêutica), em seu sentido amplo, referem-se a qualquer substância ou ingrediente utilizada em farmácia, tinturaria, laboratórios químicos etc. Assim, uma [aspirina](#) seria uma droga, uma vez que alivia a dor e a [inflamação](#), <http://pt.wikipedia.org/wiki/Droga>

Apêndice E : Força Aérea Portuguesa – Recomendações

























Problema	Áreas de intervenção	RECOMENDAÇÕES
Efeitos dos G's	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Treino Físico Dirigido ✓ Cadeira centrífuga ✓ Uso de equipamento protector adequado ✓ Manobra anti-G ✓ Conceito de cadeira adaptativa 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Padronizar a inclusão de ginásios na construção das Esquadras de voo, adequando os equipamentos consoante o tipo de esquadras ✓ Acções de divulgação periódicas, nas Esquadras, por parte da IGFA/GPA e CMA/STF ✓ Garantir um elemento possuidor de curso de monitor de treino físico ou outro curso equivalente ✓ Incluir no programa de actividades das Esquadras o treino físico regular, supervisionado, dirigido e com autoavaliação com o preenchimento de impresso adequado que ficará arquivado na Esquadra e poderá ser alvo de inspecção (IGFA)
Desorientação Espacial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conhecimento dos problemas e fisiologia agregada ✓ Ergonomia dos cockpits ✓ Equipamento moderno, Capacetes, HUDs ✓ Procedimentos de voo das Esquadras 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incrementar, dentro da razoabilidade, o treino em simulador com vista a aumentar a proficiência e à vontade no voo por instrumentos ✓ Sempre que se introduzirem alterações nos <i>cockpits</i> levar em conta a sua ergonomia com vista a minimizar os efeitos de Desorientação Espacial (consolas, rádios, etc.) ✓ Aquisição de equipamentos com tecnologia recente que permitem reproduzir as indicações do HUD na viseira do capacete do piloto, evitando assim inúmeros movimentos da cabeça ✓ Prever nos manuais de voo das Esquadras procedimentos tendentes a minimizar os efeitos da DE, por exemplo mudanças de frequência dos rádios só em voo estabilizado, ou introdução de códigos IFF ou outros que impliquem movimentos de cabeça ✓ Acções de divulgação periódicas, nas Esquadras, por parte da IGFA/GPA e CMA/STF

Problema	Áreas de intervenção	RECOMENDAÇÕES
Variações da Pressão Barométrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Condições pontuais de saúde para o voo ✓ Hábitos alimentares ✓ Equipamentos individuais e do avião 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reforçar a necessidade dos médicos das Unidades, com o curso de Medicina Aeronáutica, frequentarem com a regularidade possível as Esquadras de voo e conviverem com os pilotos permitindo discussão aberta e informal dos problemas fisiológicos, possível programa de pequenos breves trimestral ou com outra frequência ✓ Prever a hipótese de ementas alternativas quando a refeição do dia for menos adequada aos pilotos que tenham voos marcados, divulgando amplamente aquilo que não devem comer especialmente antes do voo. ✓ Treino anual em câmara hipobárica com experiência assistida dos sintomas subjectivos da hipoxia e também com descompressão rápida e treino dos procedimentos imediatos ✓ Além das verificações de responsabilidade individual, garantir o cumprimento de um programa de inspecções das secções de equipamentos de voo a todos os equipamentos ✓ Acções de divulgação periódicas, nas Esquadras, por parte da IGFA/GPA e CMA/STF
Todas as formas de Stress	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Automedicação ✓ Tabagismo ✓ Consumo de álcool ✓ Descanso dos tripulantes ✓ Hábitos e estilos de vida mais ou menos saudáveis 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presença assídua nas Esquadras de voo dos médicos aeronáuticos em actos informais mas não desprovidos de carácter inspectivo ✓ Implementar, à semelhança da sociedade civil, proibição de fumar nas instalações das Esquadras e outras (tentando combater hábitos tabágicos) ✓ Regulamentar o consumo de álcool relacionado com o voo, aplicando por exemplo o que actualmente vigora na USAF ou outras congéneres (12 hours from bottle to throttle) ✓ Rever, conforme necessário, a NEP do COFA sobre descanso do pessoal navegante ✓ Acções de divulgação periódicas, nas Esquadras, por parte da IGFA/GPA e CMA/STF

Anexo A : – Programa de Treino Físico para pessoal navegante, FAP

FICHA DO PROGRAMA DE ELEVAÇÃO DA CONDIÇÃO FÍSICA E TOLERÂNCIA AOS G's

PROGRAMA DE ELEVAÇÃO DA CONDIÇÃO FÍSICA												
IDENTIFICAÇÃO:								N°				
								IDADE:				
PESO:			ALTURA:			IMC:						
DATA DE INÍCIO:					DATA DE FIM:							
OBSERVAÇÕES:												
CARDIO-FITNESS												
CICLOERGÓMETRO			STEP			REMO						
MUSCULAÇÃO												
PEITORAIS												
	SUPINO PLANO		SUPINO INCLINADO		ABERTURAS PLANAS		AFUNDOS		PULLOVER COM BARRA		EXTENSÕES DE BRAÇOS	
DORSAIS												
	ELEVAÇÕES NA BARRA		PUXADOR DORSAL		EXTENSÕES DE TRONCO		REMADA NO PUXADOR		REMADA A 1 HALTERE		REMADA EM T	
ABDOMINAIS												
	ABD. BANCO INCLINADO		ABDOMINAIS NO BANCO		ABD. PERNAS APOIADAS		ABDOMINAIS LATERAIS		ELEVAÇÕES DE PERNAS		ELEVAÇÕES DE PERNAS BANC. INCL.	

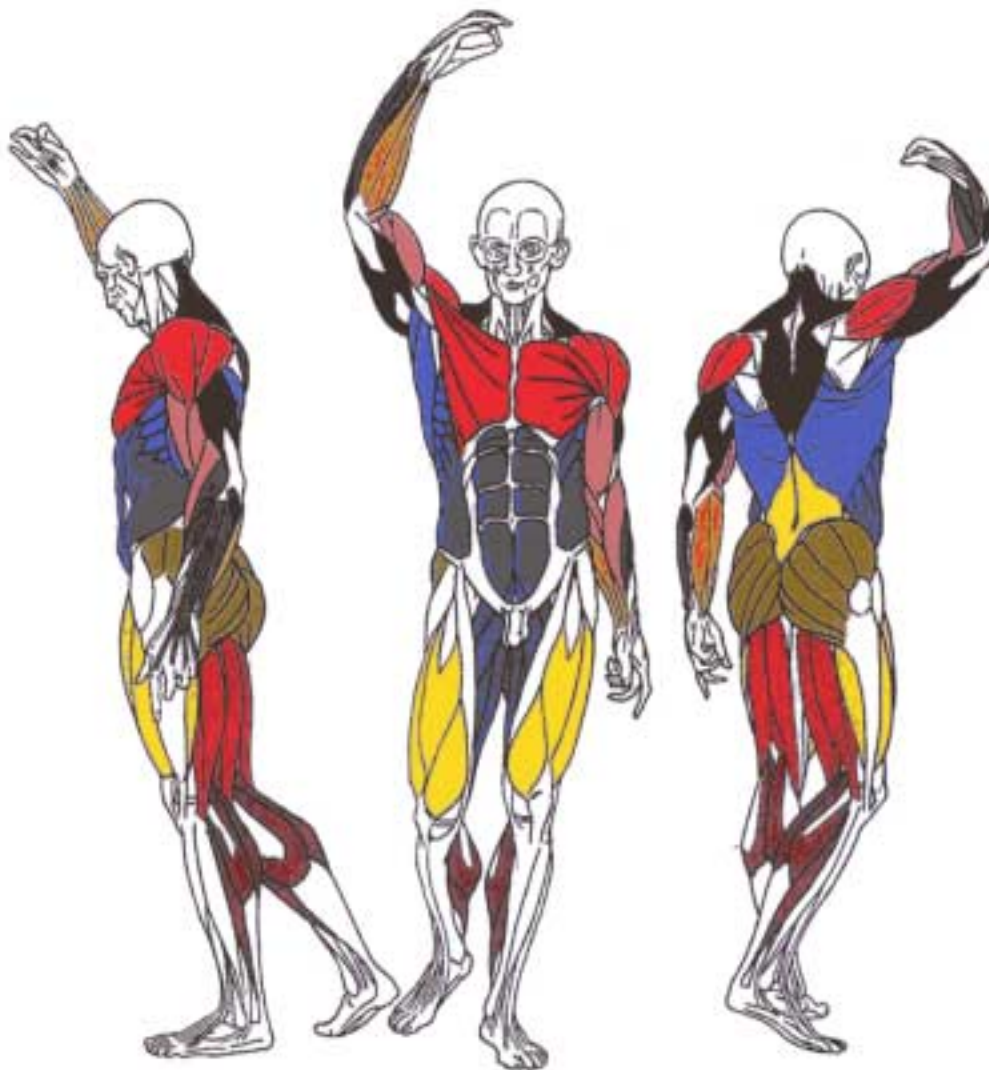
OMBROS						
	PRESS A NUCA	PRESS A FRENTE	ELEVAÇÕES LATERAIS	ELEVAÇÕES SUPERIORES	REMADA ALTA	ENCOLHIMENTO DE OMBROS
BÍCEPTE/ANTEBRAÇO						
	CURL COM BARRA	CURL INVERTIDO	CURL COM HALTERE	CONCENTRAÇÃO A 1 HALTERE	FLEXÃO DE PULSO	ELEVAÇÕES NA BARRA
TRICÍPETES						
	TRICÍPETE DEITADO	TRICÍPETE NO PUXADOR	TRICÍPETE A 1 HALTERE	KICK BACK	PRESS FRANCÊS	AFUNDO APOIADO
GÊMEOS/COXAS						
	GÊMEOS	SOLEARES	AGACHAMENTO	PRENSA	FLEXÃO DE PERNAS	EXTENSÃO DE PERNAS
OBSERVAÇÕES: No final do seu treino deve realizar um período de alongamentos.						

OS PRINCIPAIS GRUPOS MUSCULARES

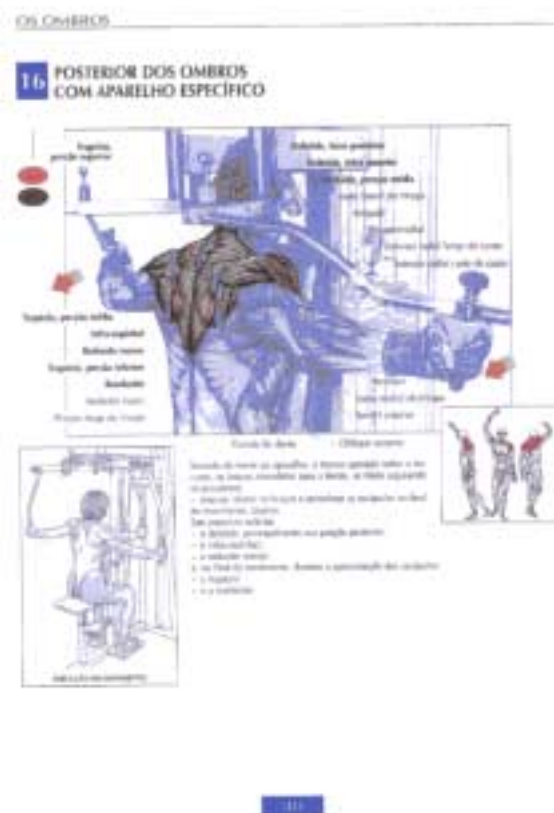
Abdominais
Adutores
Dorsais
Dos ombros
Extensores dos braços

Extensores dos punhos
Glúteos
Flexores dos braços
Flexores dos punhos
Fixadores das escápulas

Posteriores das coxas
Lombares
Das panturrilhas
Peitorais
Quadríceps
Trapézios



1. Exercícios específicos para o pescoço e para as costas.



AS COSTAS

2 TRACÃO NA BARRA FIXA, MÃOS EM SUPINAÇÃO



AS COSTAS

1 PUXADA NA FRENTE COM POLIA ALTA



101

102

AS COSTAS

3 PUXADA NA FRENTE COM POLIA ALTA, COM UM PEGADOR DE PEGADA APROXIMADA



103

AS COSTAS

4 PUXADA ATRÁS COM POLIA ALTA



104

AS COSTAS

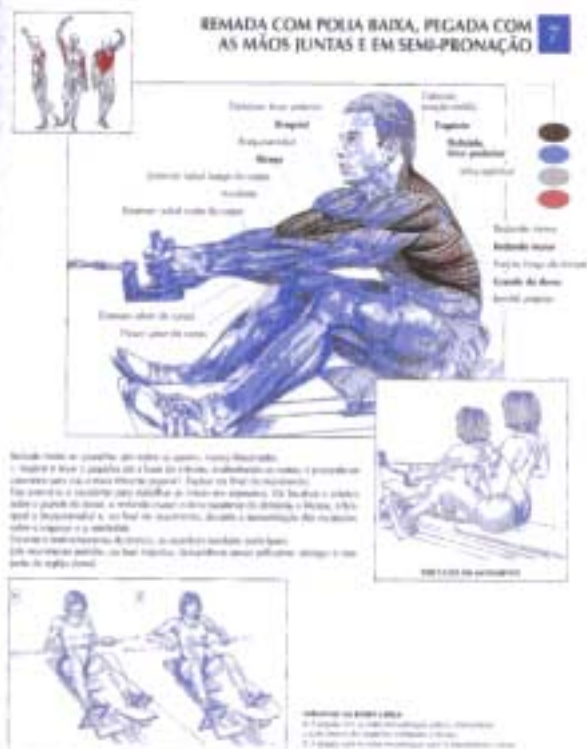
6 PUXADA COM OS BRAÇOS ESTENDIDOS COM POLIA ALTA



114

AS COSTAS

7 REMADA COM POLIA BAIXA, PEGADA COM AS MÃOS JUNTAS E EM SEMI-PRONAÇÃO



115

AS COSTAS

8 PUXADA HORIZONTAL COM UM HALTERE



116

AS COSTAS

10 PUXADA NA BARRA EM T



117

[illegible]

100

AS COSTAS

504/15

AN COSTAS

[illegible]

10

AS CISTAS

Diagrama Anatómico do Musculista (Vista Posterior)

Legenda de Inervação:

- Vermelho (C5-C8):** Músculos do membro superior e tronco superior.
- Amarelo (L1-L4):** Músculos do membro inferior e tronco inferior.
- Verde (S1-S2):** Músculos da perna e pé.

Principais Músculos e Inervação:

- Tronco Superior (Vermelho):**
 - Trapézio:** C5, C6, C7, C8
 - Esapalmo:** C5, C6, C7, C8
 - Esapalmo menor:** C5, C6, C7, C8
 - Esapalmo médio:** C5, C6, C7, C8
 - Esapalmo maior:** C5, C6, C7, C8
 - Esapalmo menor:** C5, C6, C7, C8
 - Esapalmo médio:** C5, C6, C7, C8
 - Esapalmo maior:** C5, C6, C7, C8
- Tronco Inferior (Amarelo):**
 - Esapalmo menor:** L1, L2, L3, L4
 - Esapalmo médio:** L1, L2, L3, L4
 - Esapalmo maior:** L1, L2, L3, L4
- Membros Inferiores (Verde):**
 - Esapalmo menor:** S1, S2
 - Esapalmo médio:** S1, S2
 - Esapalmo maior:** S1, S2

Exercícios e Músculos Envolvidos:

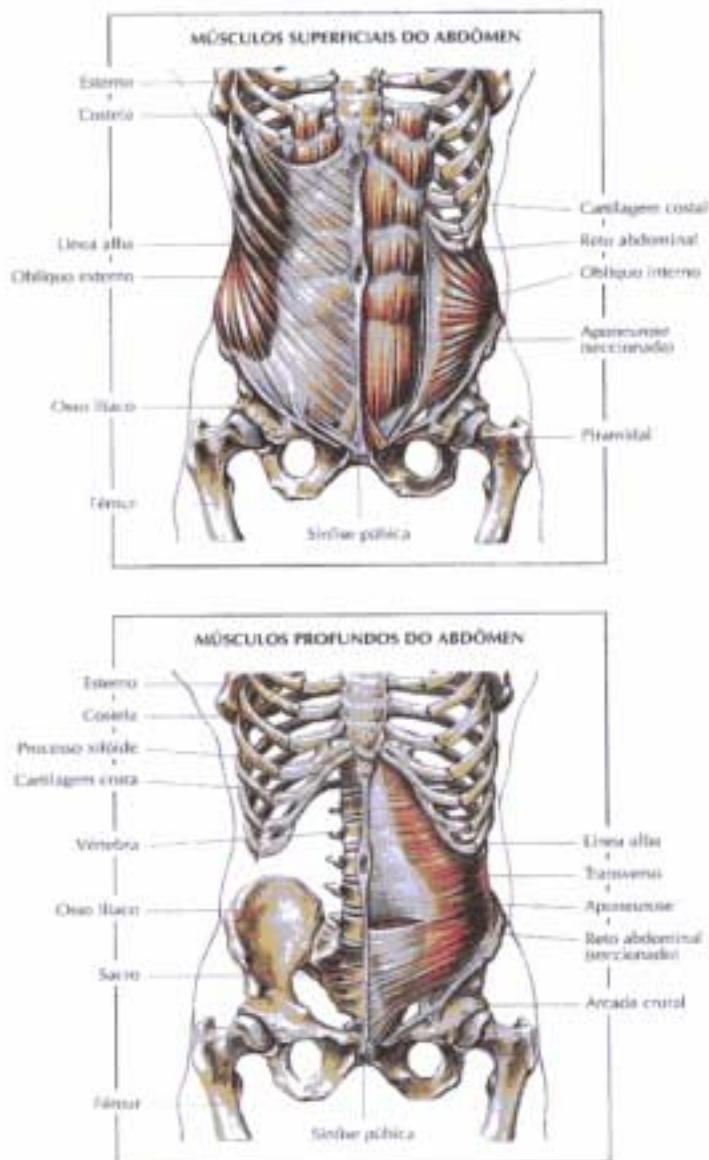
- Lat Pull Down (Vista Lateral):** Músculos do membro superior (vermelho).
- Bent Over Row (Vista Frontal):** Músculos do membro inferior (amarelo) e tronco inferior (amarelo).
- Lat Pull Down (Vista Lateral):** Músculos do membro superior (vermelho).
- Bent Over Row (Vista Frontal):** Músculos do membro inferior (amarelo) e tronco inferior (amarelo).

37

2. Exercícios específicos para os abdominais.

OS ABDOMINAIS

Para as pessoas com problemas lombares, apesar de ser controverso, na dúvida, deve-se cuidar para *imobilizar* os quadris para *neutralizar* a ação do *psaos*, que produz uma acentuação da lordose e pode produzir patologias vertebrais. Consequentemente, por questão de segurança, é necessário solicitar os **retos abdominais** sem distendê-los, aproximando o esterno da pube através de pequenas contrações.



DE ABDOMINIS

DISCUSSION

ABDOMINAL® 1

ABDOMINAL NO SOLO

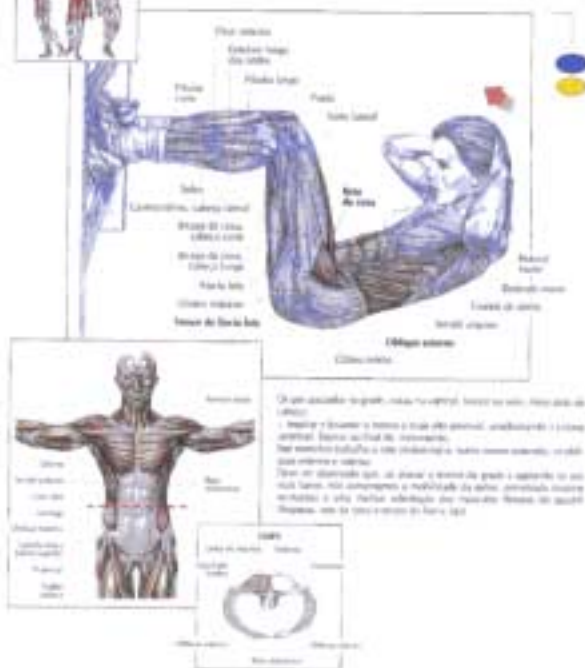


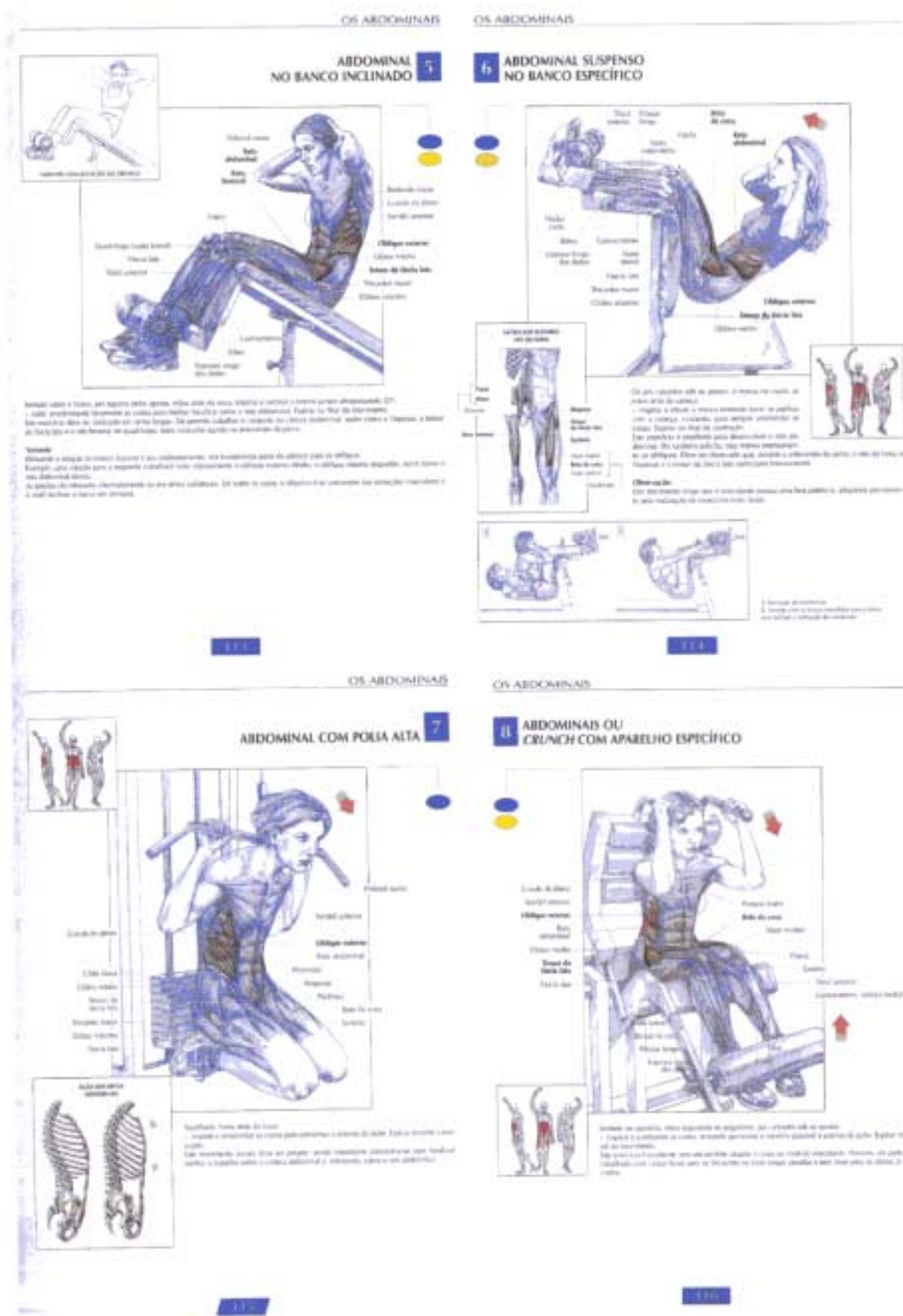
OS ADDENDUMS

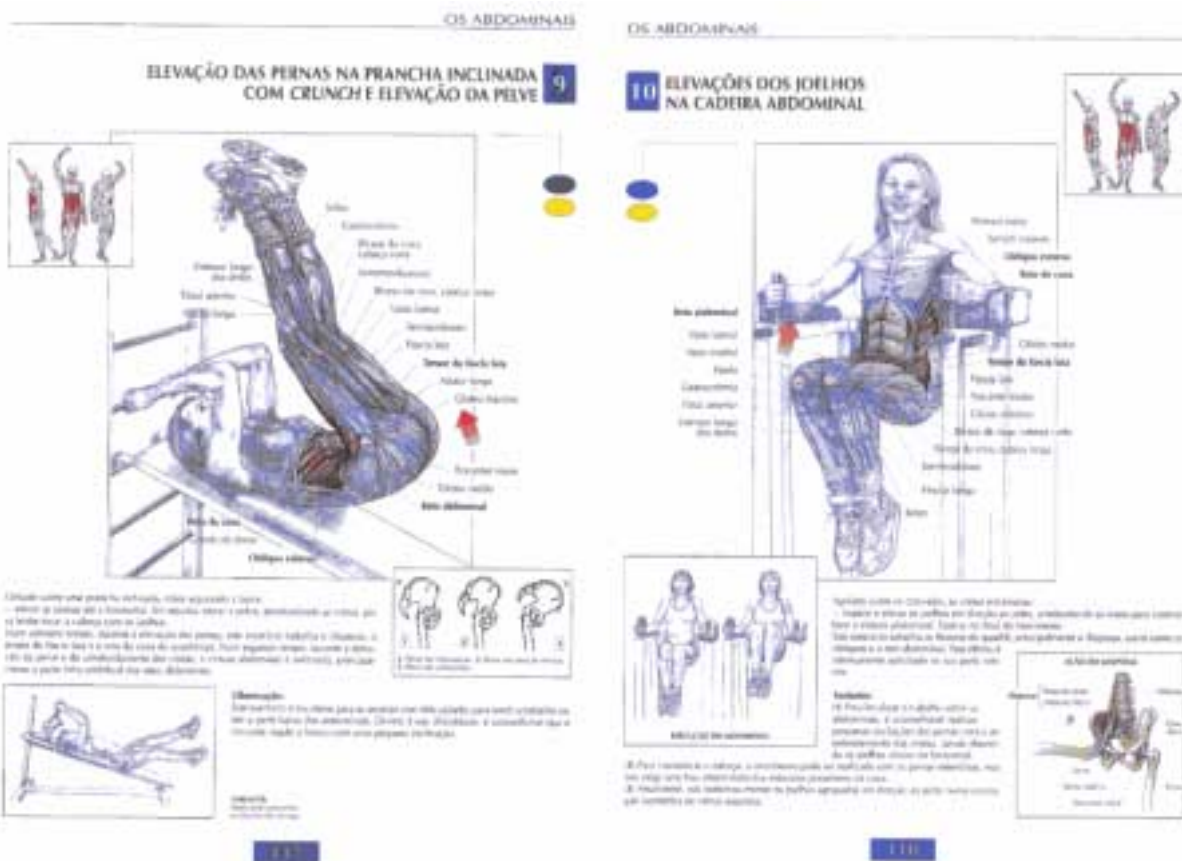
CON ABBREVIAZIONI

ABDOMINAL COM OS PÉS FIXOS

ABDOMINAL
(PERNAS APOIADAS SOBRE UM BANCO)







CIS ABDOMINALS

FLEXÃO LATERAL DO TRONCO
COM HALTERE 13

CONCLUSIONS

14 FLEXÃO LATERAL DO TRONCO NO BANCO



TESTE DE AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO FÍSICA
PARA
PESSOAL NAVEGANTE

1. IDENTIFICAÇÃO DO MILITAR

Nome: _____ Posto: _____ Esp.: _____ NIP : _____
 Data: _____ Idade: _____ Altura: _____ Peso: _____ Sexo: M / F
 Unidade: _____ Esquadra: _____ Aeronave: _____

2. TESTE DE POTÊNCIA MUSCULAR

EXERCÍCIO	FACTOR CONVERSÃO	CARGA	REPS
FLEXÃO BRAÇOS C/ BARRA	.35		
SUPINO PLANO	.8		
PUXADOR DORSAL ALTO	.7		
PRENSA PERNAS	1.6		
FLEXOR FEMURAIS	.5		
TOTAL*			

(*Introduzir o valor 0 se forem realizadas menos de 5 repetições e o valor 50 se o total ultrapassar o máximo previsto)

3. TESTE FORÇA/RESISTÊNCIA

EXERCÍCIO	(MIN-MAX)	REPS
EXTENSÕES BRAÇOS	20-50	
ABDOMINAIS NO BANCO	30-50	
PRENSA DE PERNAS	20-50	
TOTAL*		

(*Introduzir o valor 0 se o resultado for inferior ao mínimo previsto)

4. CLASSIFICAÇÃO FINAL

TESTE DE POTÊNCIA MUSCULAR	
TESTE FORÇA/RESISTÊNCIA	
TOTAL	

5. NÍVEL DE CONDIÇÃO FÍSICA

>210	EXCELENTE	
185 – 210	BOM	
120 – 184	MÉDIO	
<120	INSATISFATÓRIO	

6. ACONSELHAMENTO INDIVIDUAL/RECOMENDAÇÕES:

(assinatura do avaliador)

(data)

(assinatura militar avaliado)

(data)

Anexo B : – NEP COFA “Períodos de Descanso do Pessoal Navegante”



NEP/OPS-004
COFA JAN1995

ASSUNTO: PERÍODOS DE DESCANSO DO PESSOAL NAVEGANTE

REF^a: a. RFA 351-1 (A) Regulamento do Serviço Aéreo

1. **FINALIDADE**. Estabelecer normas para o descanso e folgas do pessoal navegante de modo a contribuir para a melhoria da segurança de voo.
2. **ÂMBITO**. Esta NEP aplica-se ao pessoal navegante, em tempo de paz.
3. **DEFINIÇÕES**.
 - a. **PERÍODO DE ACTIVIDADE AÉREA**. É o espaço de tempo que decorre desde o início da preparação de uma missão, até que todos os tripulantes tenham completado todas as tarefas, após o voo ou série de voos relacionados com o cumprimento da missão, incluindo o descanso a bordo.
O período de actividade aérea inclui o espaço de tempo compreendido entre duas horas antes da ETD e uma hora após o ATA, dum voo ou séries de voos ininterruptos.

Este período será aumentado se as exigências da missão assim o determinarem (a decidir pelo Comandante da UB respectiva);

- b. **PERÍODO DE DESCANSO.** É o espaço de tempo que medeia entre o final de um período de actividade aérea e o momento a partir do qual, a tripulação pode iniciar um novo período de actividade, incluindo tempos livres, refeições, deslocações;*
- c. **DESTACAMENTO.** Unidade Aérea, ou parte dela, que para um fim determinado, estaciona com alguma permanência numa área distinta da Unidade Base de origem;*
- d. **ALERTA NA UNIDADE BASE.** Situação de prontidão que obriga à permanência na UB, de tripulações prontas para a execução de missões inopinadas de qualquer natureza.*

4. EXECUÇÃO.

- a. Os tripulantes são obrigados a um período de descanso mínimo de 12 horas, antes de qualquer período de actividade aérea que se preveja superior a 8 horas. Este período de descanso pode ser reduzido para 8 horas, por determinação do COFA;*
- b. O alerta não implica qualquer período de descanso após a sua execução excepto nos casos em que não for viável ao tripulante, durante o período, ter possibilidade de descanso de pelo menos 8 horas;*

- c. Quando haja actividade aérea durante um alerta, o período de actividade é contado desde o aviso inicial até uma hora após o ETA;
 - d. A título de compensação e para complementar os períodos de descanso, os Comandantes das UB podem determinar a concessão dos seguintes períodos de folga:
 - (1) Após destacamento, alerta ou missão com duração de 3 a 6 dias consecutivos - 1 dia útil de folga;
 - (2) Após destacamento, alerta ou missão com duração superior a 6 dias - 2 dias úteis de folga.
 - e. Os períodos de descanso e as folgas atrás descritos não são acumuláveis e devem ser gozados imediatamente a seguir às circunstâncias que os ditaram, salvo situações de serviço, a determinar pelo Comandante da UB;
 - f. Os períodos de descanso e as folgas atrás descritos não impedem a concessão de outros períodos de folga em vigor na Unidade Base. Todavia não são acumuláveis, devendo ser cumprido, unicamente, o de maior duração aplicável a cada caso.
5. **DISPOSIÇÕES DIVERSAS**. Esta Alteração nº 1 entra em vigor na data da sua publicação e revoga a versão original da NEP/OPS-004 de 31JAN94.

NEP/OPS-004
COFA JAN1995

Monsanto, 31OUT94

O COMANDANTE

ANTÓNIO JOSÉ FRIAS VASQUES OSÓRIO

GEN/PILAV